

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Phạm Mai Phương

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM SINH THÁI,
ĐA DẠNG DI TRUYỀN QUẦN THỂ VÀ MÔ HÌNH PHÂN BỐ
LOÀI XÁ XỊ (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn.) LÀM
CƠ SỞ BẢO TỒN NGUỒN GEN LOÀI Ở VIỆT NAM**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH HỌC

Hà Nội - 2025

BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

Phạm Mai Phương

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM SINH THÁI,
ĐA DẠNG DI TRUYỀN QUẦN THỂ VÀ MÔ HÌNH PHÂN BỐ
LOÀI XÁ XỊ (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn.) LÀM
CƠ SỞ BẢO TỒN NGUỒN GEN LOÀI Ở VIỆT NAM

LUẬN ÁN TIẾN SĨ SINH HỌC

Ngành: Sinh thái học

Mã số: 9 42 01 20

Xác nhận của Học viện
Khoa học và Công nghệ

Người hướng dẫn 1

Người hướng dẫn 2

TS. Vũ Đình Duy

PGS.TS Nguyễn Văn Sinh

Hà Nội - 2025

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan rằng toàn bộ kết quả và nội dung trong luận án “*Nghiên cứu một số đặc điểm sinh thái, đa dạng di truyền quần thể và mô hình phân bố loài Xà xị (Cinnamomum parthenoxylon (Jack) Meisn.) làm cơ sở bảo tồn nguồn gen loài ở Việt Nam*” là công trình nghiên cứu khoa học do chính tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của các thầy cô.

Các số liệu, kết quả nghiên cứu và nhận định trong luận án là trung thực, có nguồn gốc rõ ràng và chưa từng được sử dụng để bảo vệ bất kỳ học vị hoặc học hàm nào trước đây. Những tài liệu tham khảo được trích dẫn đầy đủ theo đúng quy định..

Tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm về lời cam đoan này.

Hà Nội, ngày 20 tháng 09 năm 2025

Tác giả luận án



Phạm Mai Phương

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới hai thầy hướng dẫn là TS. Vũ Đình Duy và PGS.TS. Nguyễn Văn Sinh, những người đã tận tình chỉ bảo, định hướng và đồng hành cùng tôi trong suốt quá trình thực hiện và hoàn thành luận án này.

Tôi trân trọng cảm ơn Ban Lãnh đạo, Phòng Đào tạo và các phòng chức năng của Học viện Khoa học và Công nghệ, cùng Viện Sinh học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã tạo điều kiện thuận lợi để tôi học tập và nghiên cứu. Tôi cũng xin cảm ơn Lãnh đạo Viện Sinh thái Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, cùng toàn thể các cán bộ, đồng nghiệp, bạn bè và cộng sự đã hỗ trợ, chia sẻ và khích lệ tôi trong quá trình triển khai đề tài. Sự động viên của gia đình và những người thân yêu luôn là nguồn động lực to lớn giúp tôi vượt qua mọi khó khăn để hoàn thành công trình nghiên cứu này.

Cuối cùng, tôi xin chân thành cảm ơn Quỹ Phát triển KH và CN Quốc gia (NAFOSTED), đề tài mã số 106.06-2021.02 và Quỹ VINIF đã tài trợ cho NCS Phạm Mai Phương năm 2023-2024, mã số VINIF.2023.TS.088.

Hà Nội, ngày 20 tháng 09 năm 2025

Tác giả luận án



Phạm Mai Phương

MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	iv
DANH MỤC BẢNG	vi
DANH MỤC HÌNH	vii
MỞ ĐẦU	1
1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA LUẬN ÁN	1
2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU	3
3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU	3
4. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU	4
5. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU	4
6. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN	4
7. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN	5
Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU	6
1.1. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI	6
1.1.1. Cơ sở khoa học về nghiên cứu thực vật nguy cấp quý hiếm	6
1.1.2. Nghiên cứu đặc điểm hình thái và sinh thái loài Xá xị và các loài khác trong chi Quế	8
1.1.3. Nghiên cứu mức độ đa dạng di truyền quần thể và loài Xá xị và các loài khác trong chi Quế	12
1.1.4. Nghiên cứu mô hình phân bố loài phục vụ bảo tồn loài	15
1.2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU Ở VIỆT NAM	19
1.2.1. Cơ sở khoa học về nghiên cứu thực vật nguy cấp quý hiếm	19
1.2.2. Nghiên cứu đặc điểm hình thái và sinh thái loài Xá xị và các loài khác trong chi Quế	21
1.2.3. Nghiên cứu mức độ đa dạng di truyền quần thể và loài Xá xị và các loài khác trong chi Quế	24
1.2.4. Nghiên cứu mô hình phân bố loài phục vụ bảo tồn loài	28
1.3. ĐÁNH GIÁ CHUNG	30
Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	32
2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU	32
2.2. ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU	32
2.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	41
2.3.1. Kế thừa kết quả nghiên cứu và các tài liệu đã có về vấn đề liên quan	41
2.3.2. Phương pháp khảo sát thực địa	42
2.3.3. Phương pháp xử lý và phân tích dữ liệu thực địa	49
2.3.4. Phương pháp xây dựng mô hình phân bố	51

2.3.5. Phân tích đa dạng di truyền	61
2.3.6. Phân tích dữ liệu giải trình tự hệ gen phiên mã	62
2.3.7. Phương pháp tích hợp kết quả đánh giá đa dạng di truyền và mô hình sinh thái phục vụ công tác bảo tồn	63
2.4. ĐÁNH GIÁ CHUNG	64
Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN	65
3.1. ĐẶC ĐIỂM HIỆN TRẠNG QUẦN THỂ XÁ XỊ PHÂN BỐ TRONG 5 VÙNG SINH THÁI LÂM NGHIỆP	65
3.1.1. Một số đặc điểm hình thái, sinh thái loài Xá xị	65
3.1.2. Cấu trúc rừng nơi có loài Xá xị phân bố	70
3.1.2.1. Công thức tổ thành tầng cây cao nơi có loài Xá xị phân bố	70
3.1.2.2. Mối quan hệ giữa loài Xá xị với loài cây ưu thế trong các sinh cảnh rừng	72
3.1.2.3. Cấu trúc tầng thứ khu vực loài Xá xị phân bố	75
3.1.3. Đặc điểm tái sinh tự nhiên của loài Xá xị	77
3.1.3.1. Đặc điểm tái sinh tự nhiên của loài Xá xị	77
3.1.3.2. Mật độ và tổ thành cây tái sinh của lâm phần nơi có loài Xá xị phân bố	79
3.2. MÔ HÌNH PHÂN BỐ LOÀI XÁ XỊ THEO KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU	81
3.2.1. Thuật toán, tham số môi trường nhằm tối ưu mô hình phân bố	81
3.2.1.1. Tham số đầu vào của mô hình phân bố loài	81
3.2.1.2. Lựa chọn thuật toán	81
3.2.2. Vùng sinh thái phù hợp của loài Xá xị ở giai đoạn hiện tại	83
3.2.3. Vùng sinh thái phù hợp của loài Xá xị theo các kịch bản khí hậu	83
3.3. ĐA DẠNG DI TRUYỀN VÀ CẤU TRÚC DI TRUYỀN LOÀI XÁ XỊ TRONG 5 VÙNG SINH THÁI LÂM NGHIỆP	93
3.3.1. Xây dựng và phát triển bộ chỉ thị phân tử microsatellite (SSR) loài Xá xị ở Việt Nam	93
3.3.1.1. Đặc điểm hệ gen phiên mã loài Xá xị	93
3.3.1.2. Đặc điểm microsatellite loài Xá xị	96
3.3.1.3. Đặc điểm bộ chỉ thị SSR đa hình cho loài Xá xị	98
3.3.2. Đa dạng di truyền và cấu trúc di truyền loài Xá xị trong 5 vùng STLN	100
3.3.2.1. Đa dạng di truyền loài Xá xị	100
3.3.2.2. Cấu trúc di truyền quần thể và kiểm nghiệm Mantel	105
3.3.2.3. Khoảng cách di truyền giữa các quần thể	108
3.3.3. Nhận định chung về biến động vùng sinh thái phù hợp của loài và các điểm nóng về di truyền	110

3.4. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO TỒN XÁ XỊ TRONG CÁC VÙNG SINH THÁI LÂM NGHIỆP	113
3.4.1. Thực trạng biến động diện tích rừng tại khu vực có phân bố Xá xị	113
3.4.2. Nguyên nhân gây ra biến động rừng, suy thoái nguồn gen loài Xá xị	114
3.4.3. Đề xuất các giải pháp bảo tồn, phục hồi và phát triển loài Xá xị	117
3.5. ĐÁNH GIÁ CHUNG	120
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	122
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN	125
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	126
PHỤ LỤC	144

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

ADN	acid deoxyribonucleic
AMOVA	Variance components in the analysis of molecular variance (Các thành phần phương sai trong phân tích phương sai phân tử)
BĐKH	Biến đổi khí hậu
Boosting	Gradient extrem boot-Boosted (Thuật toán độ dốc tăng cường)
BTTN	Bảo tồn Thiên nhiên
CART	Classification and regression tree (Thuật toán cây phân loại và hồi quy)
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (Công ước về buôn bán quốc tế các loài động thực vật hoang dã nguy cấp)
CSKH	Cơ sở khoa học
DAPC	Phân tích khác biệt thành phần chính
ĐDDT	Đa dạng di truyền
ĐDSH	Đa dạng sinh học
DNA	acid deoxyribonucleic
EN	Nguy cấp (Endangered)
Fis	Hệ số sinh sản cận noãn trong mỗi locus
Fst	Hệ số khác biệt di truyền
GEE	Google Earth Engine
GL	Gia Lai
HB	Hoà Bình
He	Hệ số gen dị hợp tử kỳ vọng
Ho	Hệ số gen dị hợp tử quan sát
HST	Hệ sinh thái
HSI	Habitat suitability index (Chỉ số sinh cảnh phù hợp)
H _{vn}	Chiều cao vút ngọn
ISSR	Chỉ thị Inter - Simple Sequence Repeat
IVI%	Chỉ số giá trị quan trọng
LĐ	Lâm Đồng
LGM	Last Glacial Maximum (Kỷ băng hà cuối cùng)
MaxEnt	Mô hình entropy cực đại
MH	Mid-Holocene (Giữa thời kỳ Holocen)
Na	Số alen trong mỗi locus
ND	Không xác định
Ne	Số alen hiệu quả
Nm	Hệ số trao đổi gen giữa các locus
ns	Không ý nghĩa
OTC	Ô tiêu chuẩn
PIC	Hàm lượng thông tin đa hình
PT	Phú Thọ

PY	Phú Yên
QN	Quảng Ninh
QNm	Quảng Nam
QT	Quần thể
RAPD	Random Amplified Polymorphic DNA (Khuếch đại ngẫu nhiên DNA đa hình)
RĐD	Rừng đặc dụng
RF	Thuật toán rừng ngẫu nhiên (Random forest)
RPH	Rừng phòng hộ
SSR	Chỉ thị vi vệ tinh (Simple Sequence Repeat)
STLN	Sinh thái lâm nghiệp
SVM	Thuật toán véc tơ hỗ trợ (Support vector machine)
TH	Thanh Hoá
TV	Tiểu vùng
VP	Vĩnh Phúc

DANH MỤC BẢNG

Bảng 2.1. Địa điểm nghiên cứu và các đặc trưng của thảm thực vật theo khí hậu - thổ nhưỡng	34
Bảng 2.2. Thông tin các tuyến điều tra tại các khu vực nghiên cứu	45
Bảng 2.3. Thông tin, số mẫu, địa điểm thu mẫu cho phân tích ADN và ARN	48
Bảng 2.4. Các tham số môi trường đầu vào của mô hình	53
Bảng 2.5. Điểm phred và độ chính xác của trình tự nucleotide	62
Bảng 3.1. Chỉ tiêu bình quân về sinh trưởng của Xá xị trưởng thành	68
Bảng 3.2. Công thức tổ thành tầng cây cao của các sinh cảnh rừng nơi phân bố loài Xá xị	71
Bảng 3.3. Một số loài đặc trưng, sống cùng Xá xị trong các sinh cảnh rừng	75
Bảng 3.4. Một số đặc trưng cơ bản của loài Xá xị và các loài cây gỗ trong cùng sinh cảnh rừng	77
Bảng 3.5. Kết quả điều tra cây Xá xị tái sinh tại các lâm phần nghiên cứu	78
Bảng 3.6. Mật độ và tổ thành cây tái sinh tại các lâm phần có loài Xá xị phân bố	80
Bảng 3.7. Kết quả các mô hình phân bố loài đã được thử nghiệm với các công cụ và bộ tham số môi trường khác nhau	83
Bảng 3.8. Lắp ráp <i>de novo</i> hệ gen phiên mã của loài Xá xị ở Việt Nam	94
Bảng 3.9. Kết quả tìm kiếm microsatellite (SSR) từ loài Xá xị	96
Bảng 3.10. Phân bố của chỉ thị microsatellite của loài Xá xị trên số nucleotide lặp lại	97
Bảng 3.11. Trình tự nucleotide 15 cặp môi SSR đa hình cho loài Xá xị	100
Bảng 3.12. Tham số đa dạng di truyền trong loài Xá xị bằng 15 chỉ thị phân tử SSR	101
Bảng 3.13. Đa dạng gen và kiểm tra Bottleneck 9 quần thể Xá xị của 5 vùng STLN Việt Nam	105
Bảng 3.14. Phân tích AMOVA giữa các quần thể Xá xị	106

DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Ứng dụng của một số thuật toán học máy đã được sử dụng trong mô hình phân bố loài	17
Hình 2.1. Cây tái sinh có nguồn gốc từ chồi của loài Xá xị tại Thanh Hoá	33
Hình 2.2. Hình ảnh điều tra loài Xá xị tại Lâm Đồng	33
Hình 2.3. Vị trí các quần thể Xá xị trong các vùng STLN Việt Nam	39
Hình 2.4. Sơ đồ thiết kế ô tiêu chuẩn	45
Hình 3.1. Loài Xá xị ở VQG Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc (vỏ, cây tái sinh, cành mang cụm hoa và quả)	66
Hình 3.2. Hình ảnh loài Xá xị tái sinh từ hạt và chồi tại KBTTN Kon Chư Răng, tỉnh Gia Lai	79
Hình 3.3. Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị trong thời kỳ Last Glacial Maximum (LGM)	85
Hình 3.4. Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị trong thời kỳ Mid-Holocene (MH)	86
Hình 3.5. Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị trong thời kỳ hiện tại (HT)	87
Hình 3.6. Biến động vùng phù hợp sinh thái (HSI cao đến rất cao) cho loài Xá xị giai đoạn Last Glacial Maximum (LGM) tới Mid-Holocene (MH).	88
Hình 3.7. Biến động vùng phù hợp sinh thái (HSI cao đến rất cao) của loài Xá xị giai đoạn Mid-Holocene (MH) tới Hiện tại (HT).	89
Hình 3.8. Phần trăm diện tích mức độ phù hợp sinh thái (HSI cao đến rất cao) của loài Xá xị cho giai đoạn 2061-2080 (ký hiệu trên hình là 2080) và giai đoạn 2081-2100 (ký hiệu trên hình là 2080) tương ứng với 4 kịch bản BĐKH trong tương lai (ACCESS, MIROC6, EC, MRI).	91
Hình 3.9. Bản đồ dự báo mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị theo các kịch bản phát thải trung bình cho kịch bản ACCESS và EC	92
Hình 3.10. Biểu đồ phân bố các chủng loại SSR lặp lại của loài Xá xị	96
Hình 3.11. Phân bố các loại trình tự lặp lại (microsatellite) trong hệ gen loài Xá xị	98
Hình 3.12. Ảnh điện di sản phẩm PCR-SSR trên gel polyacrylamide 8% của 15 SSR đa hình cho loài Xá xị	99
Hình 3.13. Kiểm nghiệm Mantel về khoảng cách di truyền và khoảng cách địa lý của 9 quần thể	106

Hình 3.14. Phân bố gen loài Xá xị (Giá trị ΔK lớn nhất với $K=2$) trên cơ sở Bayesian	107
Hình 3.15. Sự khác biệt di truyền giữa các quần thể trong loài Xá xị (dưới) và ý nghĩa giữa các cặp quần thể (trên).	108
Hình 3.16. Phân tích khác biệt thành phần chính (DAPC) của loài Xá xị. Biểu đồ DAPC không có thông tin trước (A) và Biểu đồ DAPC có thông tin trước (B)	109
Hình 3.17. Quan hệ di truyền giữa 9 quần thể Xá xị trong 5 vùng STLN Việt Nam trên bằng UPGMA	109
Hình 3.18. Diện tích rừng tự nhiên và rừng trồng từ năm 2003 đến năm 2023 tại các khu vực nghiên cứu	114
Hình 3.19. Hiện tượng khai thác gỗ và gốc làm thủ công mỹ nghệ, lấy tinh dầu	115
Hình 3.20. Hình ảnh mất nơi sống loài Xá xị ở các vùng sinh thái	117

MỞ ĐẦU

1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA LUẬN ÁN

Trong vài thập kỷ gần đây, biến đổi khí hậu (BĐKH) đã trở thành mối quan tâm toàn cầu, với những tác động sâu rộng đến tài nguyên thiên nhiên, đặc biệt là rừng và đa dạng sinh học (ĐDSH), hai thành tố có ý nghĩa then chốt đối với mục tiêu phát triển bền vững. Áp lực từ nhu cầu tăng trưởng kinh tế được xem là những nguyên nhân trực tiếp thúc đẩy phát thải khí nhà kính và gia tăng mức độ suy thoái tài nguyên, trong đó hệ sinh thái (HST) rừng tự nhiên chịu ảnh hưởng rõ rệt nhất [1]. Rừng không chỉ là bộ phận quan trọng mà còn giữ vai trò không thể thay thế trong việc duy trì sự ổn định và chức năng của các HST. Chính vì vậy, phục hồi rừng đã và đang được coi là một trong những trọng tâm của các chiến lược ứng phó với BĐKH cũng như bảo tồn ĐDSH [2]. Để hiện thực hóa những mục tiêu này, quản lý rừng bền vững và giám sát chặt chẽ diễn biến rừng tự nhiên, cùng với việc quan tâm đến các loài thực vật quý hiếm, nguy cấp, ngày càng được giới khoa học chú trọng.

Chi Quế (*Cinnamomum* Schaeffer) là một nhóm thực vật quan trọng, trong đó nhiều loài đã được nghiên cứu về thành phần hóa học nhằm phục vụ các mục tiêu y học, dược liệu cũng như phát triển kinh tế [3-5]. Trong số này, loài Xá xị, còn được biết đến với tên gọi Re hương (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn.), được đánh giá là loài cây gỗ quý hiếm có giá trị kinh tế cao, song hiện đang bị đe dọa nghiêm trọng. Theo Sách đỏ Việt Nam, loài được xếp ở mức “cực kỳ nguy cấp” (CR) [6], đồng thời thuộc nhóm IIA theo Nghị định 84/2021/NĐ-CP của Chính phủ [7]. Về phân bố, Xá xị hiện diện tự nhiên tại một số vùng sinh thái lâm nghiệp (STLN) đặc trưng, bao gồm: (1) vùng Đông Bắc với các tỉnh Cao Bằng, Lạng Sơn, Bắc Kạn, Tuyên Quang, Thái Nguyên, Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Bắc Giang và Quảng Ninh; (2) vùng Tây Bắc (Hòa Bình); (3) vùng Bắc Trung Bộ (Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế); (4) vùng Nam Trung Bộ (Phú Yên, Quảng Nam); và (5) khu vực Tây Nguyên (Kon Tum, Gia Lai, Lâm Đồng) [6, 8-10]. Ngoài giá trị sinh thái trong HST rừng nhiệt đới, Xá xị còn là loài cây có nhiều tiềm năng trong y dược học. Các nghiên cứu chỉ ra các hợp chất chiết tách từ lá, vỏ, gỗ và rễ của loài này có thể mang lại nhiều tác dụng sinh học quan trọng như hỗ trợ kiểm soát đường huyết, chống viêm, hạ huyết áp, chống oxy hóa, kháng khuẩn, ức chế enzym tyrosinase, tác động lên quá trình đông máu, cũng như kìm hãm sự phát triển của tế bào khối u [11-14]. Những đặc tính

này cho thấy Xá xị không chỉ có ý nghĩa về mặt bảo tồn ĐDSH mà còn là nguồn gen quý cho nghiên cứu ứng dụng trong y dược.

Cho đến nay, loài Xá xị đang chịu tác động từ nhiều nguyên nhân dẫn đến suy giảm sinh cảnh tự nhiên, bao gồm: khai thác và sử dụng tài nguyên rừng thiếu bền vững, khai thác quá mức phục vụ nhu cầu dược liệu và mỹ nghệ, cùng với ảnh hưởng ngày càng rõ rệt của BĐKH và các hiện tượng tai biến môi trường [15]. Hệ quả của những tác động trên là suy giảm nghiêm trọng quần thể (QT) Xá xị trong tự nhiên, thể hiện ở số lượng cá thể còn lại rất ít, phân bố rải rác trong các hệ sinh thái rừng, trong khi khả năng tái sinh tự nhiên của loài lại hết sức hạn chế [6]. Hơn nữa, các kết quả nghiên cứu loài Xá xị vẫn còn tương đối ít, trong khi phần lớn các công bố trước đó chủ yếu tập trung vào phương diện phân loại, phạm vi phân bố và tiềm năng tài nguyên. [6, 8-10]. Một số công trình gần đây đã tập trung vào nghiên cứu nhân giống, xác định thành phần và hoạt chất sinh học (HCSH), đa dạng di truyền (ĐDDT) và bảo tồn loài Xá xị [16-20]. Mặc dù vậy, công tác đánh giá hiện trạng QT ngoài tự nhiên ở những vùng phân bố khác trên lãnh thổ Việt Nam vẫn cần tiếp tục triển khai.

Sự thiếu hụt thông tin khoa học về ĐDDT và mô hình dự báo phân bố loài (Species-Distribution-Model, SDM) trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) đang là một trở ngại lớn đối với các nỗ lực bảo tồn hiệu quả. Việc kết hợp phân tích ĐDDT quần thể với SDM được xem là hướng tiếp cận hiện đại và liên ngành, cung cấp cơ sở khoa học vững chắc để xác định các khu vực ưu tiên bảo tồn, đồng thời dự báo sự biến động của các vùng sinh thái thích hợp, qua đó đảm bảo khả năng thích nghi và duy trì tiềm năng tiến hóa của loài trong tương lai [21, 22]. Thông tin di truyền không chỉ phản ánh lịch sử tiến hóa và cơ chế thích nghi, mà còn giúp giải thích các biến động trong phân bố không gian và thời gian của QT Xá xị [23, 24], nhấn mạnh vai trò then chốt của nguồn gen loài tại từng vùng sinh thái lâm nghiệp (STLN).

Trước bối cảnh đó, luận án “*Nghiên cứu một số đặc điểm sinh thái, đa dạng di truyền quần thể và mô hình phân bố loài Xá xị (Cinnamomum parthenoxylon (Jack) Meisn.) làm cơ sở bảo tồn nguồn gen loài ở Việt Nam*” được triển khai nhằm giải quyết một số vấn đề trọng tâm. Cụ thể: (1) Điều tra hiện trạng phân bố tự nhiên của loài ở một số khu vực đại diện, qua đó bổ sung dữ liệu về hình thái và đặc điểm sinh thái; (2) Xây dựng và phân tích SDM trong quá khứ, hiện tại và tương lai dựa trên các kịch bản BĐKH; (3) Nghiên cứu mức độ ĐDDT và cấu trúc di truyền (CTDT) ở

cấp độ quần thể và loài; (4) Đề xuất các giải pháp bảo tồn thích hợp cho loài Xá xị trong các vùng STLN Việt Nam.

2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu chung: Đánh giá, cập nhật hiện trạng phân bố và đa dạng di truyền quần thể và loài Xá xị trong các HST rừng nhiệt đới, nhằm định hướng không gian ưu tiên bảo tồn thông qua các dự báo biến động của quần thể theo các vùng STLN trong bối cảnh BĐKH tại Việt Nam.

2.2. Mục tiêu cụ thể:

- Điều tra, đánh giá, cập nhật hiện trạng phân bố của loài Xá xị đang bị đe dọa tuyệt chủng ở các vùng STLN của Việt Nam.
- Xây dựng mô hình phân bố loài dựa trên các dữ liệu địa không gian nhằm dự báo sự biến động các vùng sinh thái phù hợp cho loài Xá xị trong các giai đoạn lịch sử, hiện tại và tương lai.
- Đánh giá ĐDDT và CTDT ở mức độ quần thể và loài ứng dụng cho chương trình chọn giống và quản lý nguồn gen; đề xuất giải pháp bảo tồn loài Xá xị trong điều kiện tự nhiên.

3. PHẠM VI NGHIÊN CỨU

3.1. Địa điểm và khu vực nghiên cứu

Địa điểm nghiên cứu: 9 quần thể thuộc 5 vùng STLN: Hòa Bình (HB) thuộc Vùng STLN **Tây Bắc**; Vĩnh Phúc (VP), Phú Thọ (PT), Quảng Ninh (QN) thuộc vùng **Đông Bắc**; Thanh Hóa (TH) thuộc vùng STLN **Bắc Trung Bộ**; Phú Yên (PY) và Quảng Nam (QNm) thuộc vùng STLN **Nam Trung Bộ**; Gia Lai (GL) và Lâm Đồng (LD) thuộc vùng **Tây Nguyên**.

Khu vực nghiên cứu: Phục vụ nghiên cứu SDM: thu thập các dữ liệu địa không gian (khí hậu, thổ nhưỡng, địa hình, thảm thực vật) từ nguồn dữ liệu có sẵn. Một số vùng hiện nay mặc dù không ghi nhận phân bố của loài nhưng vẫn được xem xét trong phạm vi không gian để dự báo cho khả năng các vùng phân bố tiềm năng đã phù hợp sinh thái cho loài trong quá khứ hoặc sẽ thích hợp trong tương lai.

3.2. Thời gian nghiên cứu

Trong khoảng thời gian từ 11/2022 - 5/2025, thực hiện 15 chuyến khảo sát thực địa tại 9 tỉnh thuộc 5 vùng STLN Việt Nam.

4. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Loài Xá xị (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn.), thuộc chi Quế *Cinnamomum*, họ Long não (Lauraceae), đang đứng trước nguy cơ tuyệt chủng, tồn tại trong các HST rừng tự nhiên thuộc những vùng STLN khác nhau, có đặc điểm riêng về điều kiện tự nhiên và môi trường. Lựa chọn nghiên cứu và định hướng bảo tồn loài theo các vùng STLN là phù hợp với Quyết định số 1352/QĐ-TTg ngày 08/11/2024 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch bảo tồn ĐDSH quốc gia giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050, trong đó hệ thống quy hoạch được thiết kế dựa trên 08 vùng STLN trên phạm vi cả nước [25].

5. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

- Nội dung 1: Đánh giá hiện trạng phân bố của loài Xá xị trong 5 vùng Sinh thái lâm nghiệp Việt Nam.
- Nội dung 2: Xây dựng mô hình phân bố loài Xá xị cho các thời kỳ trong quá khứ, hiện tại và tương lai theo các kịch bản biến đổi khí hậu.
- Nội dung 3: Đánh giá mức độ đa dạng di truyền và cấu trúc di truyền quần thể và loài Xá xị trong 5 vùng STLN bằng chỉ thị phân tử SSR.
- Nội dung 4: Nghiên cứu đề xuất các giải pháp bảo tồn loài Xá xị trong 5 vùng Sinh thái lâm nghiệp Việt Nam.

6. Ý NGHĨA KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN

- Ý nghĩa khoa học:

+ Bổ sung bằng chứng khoa học và dữ liệu về một số đặc điểm sinh học, sinh thái cũng như ĐDDT quần thể, qua đó làm cơ sở cho các hoạt động bảo tồn nguồn gen của loài Xá xị tại Việt Nam.

+ Xây dựng cơ sở dữ liệu và luận cứ khoa học cho việc dự báo sự thay đổi phân bố không gian của các vùng sinh thái phù hợp với loài, từ đó góp phần đề xuất các giải pháp quản lý và bảo tồn loài Xá xị theo từng vùng STLN một cách hiệu quả.

- Ý nghĩa thực tiễn:

+ Trên cơ sở kết quả nghiên cứu về một số đặc điểm sinh học, ĐDDT quần thể và SDM, luận án đưa ra các giải pháp bảo tồn và định hướng phát triển bền vững

trong bối cảnh BĐKH. Những giải pháp này có thể hỗ trợ các địa phương trong việc hoạch định chiến lược quản lý tài nguyên rừng hiệu quả, góp phần bảo vệ hệ sinh thái tự nhiên, duy trì nguồn gen Xá xị, ổn định môi trường và phát triển kinh tế theo hướng bền vững.

+ Luận án xây dựng được bộ chỉ thị phân tử microsatellite (SSR) cho loài Xá xị, có thể ứng dụng trong kiểm định và giám định loài. Công cụ này hỗ trợ địa phương xác định chính xác nguồn gốc, chất lượng giống cây, từ đó nâng cao hiệu quả quản lý tài nguyên rừng và bảo tồn ĐDSH.

7. NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

+ Bổ sung và cập nhật hệ thống thông tin về đặc điểm hình thái, sinh thái, phân bố tự nhiên và đa dạng di truyền quần thể và loài Xá xị trong 05 vùng STLN ở Việt Nam.

+ Lần đầu tiên xác định các khu vực ưu tiên cho công tác bảo tồn và phát triển nguồn gen loài Xá xị, dựa trên sự tích hợp giữa kết quả phân tích mô hình SDM và đa dạng di truyền quần thể ở Việt Nam.

+ Xây dựng và phát triển bộ chỉ thị phân tử microsatellite (SSR) đặc hiệu cho loài Xá xị, lần đầu tiên được áp dụng để đánh giá đa dạng di truyền quần thể, đồng thời có giá trị trong chọn giống, quản lý và bảo tồn nguồn gen loài trong các HST rừng ở Việt Nam.

Chương 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI

1.1.1. Cơ sở khoa học về nghiên cứu thực vật nguy cấp quý hiếm

Nghiên cứu và bảo tồn các loài thực vật nguy cấp, quý hiếm là một lĩnh vực khoa học quan trọng, có ý nghĩa then chốt trong việc duy trì và bảo vệ ĐDSH toàn cầu. Những loài này không chỉ giữ vai trò sinh thái trong hệ sinh thái mà còn đem lại giá trị về kinh tế, văn hóa và y học. Tuy nhiên, thực tế cho thấy nhiều loài đang phải đối diện với nguy cơ suy giảm hoặc thậm chí tuyệt chủng do nhiều tác động khác nhau. Để chuẩn hóa việc đánh giá mức độ đe dọa, Liên minh Bảo tồn Thiên nhiên Quốc tế (IUCN) đã xây dựng Danh sách Đỏ, hệ thống phân loại các loài dựa trên nguy cơ tuyệt chủng, từ mức “ít quan tâm” cho đến “tuyệt chủng”, với các tiêu chí chính như quy mô và xu hướng biến động QT, cũng như phạm vi phân bố địa lý [26]. Song song với đó, Công ước CITES kiểm soát hoạt động buôn bán quốc tế các loài nguy cấp nhằm ngăn ngừa việc khai thác thương mại trở thành mối đe dọa đối với sự tồn tại của chúng, thông qua việc phân chia các loài vào các phụ lục khác nhau với các biện pháp quản lý phù hợp.

Sự gia tăng diện tích nông nghiệp, phát triển công nghiệp và quá trình đô thị hóa là những tác nhân chính gây mất mát môi trường sống tự nhiên, tác động nặng nề đến các loài sinh vật, đặc biệt là những loài có vùng phân bố hẹp hoặc đòi hỏi điều kiện sống chuyên biệt [27]. Bên cạnh đó, việc khai thác tài nguyên sinh vật cho mục đích thương mại, làm dược liệu hay phục vụ nông nghiệp đã làm suy giảm mạnh số lượng của nhiều loài quý hiếm. Các loài có giá trị kinh tế cao thường bị khai thác quá mức, dẫn đến nguy cơ tuyệt chủng. Ngoài ra, biến đổi khí hậu toàn cầu cũng góp phần làm thay đổi mô hình phân bố của nhiều loài sinh vật [28, 29].

Các Khu bảo tồn thiên nhiên (BTTN) và Vườn quốc gia (VQG) được thiết lập nhằm gìn giữ những loài sinh vật nguy cấp trong hệ sinh thái tự nhiên của chúng. Hoạt động bảo tồn này không chỉ góp phần duy trì ĐDSH mà còn bảo vệ các quá trình sinh thái cốt lõi [30]. Song song với bảo tồn in situ, biện pháp bảo tồn ex situ, tức bảo tồn loài ngoài môi trường sống tự nhiên, cũng được triển khai thông qua các hình thức như ngân hàng gen, vườn thực vật hay phòng thí nghiệm nghiên cứu. Các kỹ thuật hiện đại như nuôi cấy mô và nhân giống trong điều kiện phòng thí nghiệm đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì và phục hồi các loài thực vật quý hiếm.

VQG Yellowstone (Hoa Kỳ) là một trong những nơi tiên phong trên thế giới trong việc ứng dụng công nghệ di truyền để phục vụ nghiên cứu và bảo tồn đa dạng di truyền của các loài thực vật nguy cấp. Các phân tích ĐDDT đã mở ra khả năng

hiểu biết sâu hơn về cấu trúc QT, mối quan hệ tiến hóa cũng như khả năng thích nghi của loài [31]. Những thông tin này đồng thời là cơ sở quan trọng cho việc xây dựng các chương trình nhân giống và bảo tồn có hiệu quả.

Hệ thống thông tin địa lý (GIS) cùng với công nghệ viễn thám hiện nay được xem là những công cụ hữu hiệu trong nghiên cứu và bảo tồn ĐDSH. Các công cụ này cho phép theo dõi sự biến đổi của môi trường sống, khoanh vùng các khu vực có nguy cơ cao và xây dựng bản đồ phân bố của những loài bị đe dọa. Bên cạnh đó, các mô hình toán học và sinh thái học được ứng dụng để dự báo tác động của BĐKH cũng như các yếu tố môi trường khác lên sự tồn tại và phân bố của loài. Những kết quả dự báo này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng, hỗ trợ các nhà nghiên cứu và nhà quản lý đưa ra các quyết định phù hợp nhằm bảo vệ các loài nguy cấp [32].

Các chính sách và quy định ở cả cấp quốc gia và quốc tế giữ vai trò nền tảng trong công tác bảo vệ các loài sinh vật nguy cấp. Luật Bảo tồn ĐDSH và Công ước về ĐDSH là những minh chứng điển hình cho hệ thống công cụ pháp lý hỗ trợ hoạt động bảo tồn. Bên cạnh đó, sự phối hợp giữa các quốc gia, tổ chức phi chính phủ và cộng đồng khoa học quốc tế có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Việc chia sẻ thông tin, nguồn lực và các chiến lược bảo tồn không chỉ nâng cao hiệu quả mà còn tạo tính đồng bộ cho những nỗ lực bảo vệ các loài sinh vật đang bị đe dọa.

Ngày càng có nhiều chương trình bảo tồn tài nguyên thiên nhiên nhấn mạnh vai trò tham gia của cộng đồng địa phương như một điều kiện tiên quyết cho quản lý bền vững ĐDSH. Trong các khung quản lý đồng thích ứng, cách tiếp cận bảo tồn dựa trên sự tham gia được xem là hạt nhân, nhằm thúc đẩy dân chủ hóa quá trình ra quyết định cũng như đảm bảo phân bổ công bằng lợi ích và trách nhiệm [33]. Việc triển khai và hiệu quả của sự tham gia này phụ thuộc đáng kể vào vai trò định hình của các thể chế nhà nước, xã hội và kinh tế trong những bối cảnh cụ thể.

Nghiên cứu bảo tồn các loài thực vật nguy cấp, quý hiếm là nhiệm vụ cấp bách, mang ý nghĩa sâu rộng về khoa học, sinh thái và xã hội trong bối cảnh suy giảm ĐDSH toàn cầu ngày càng trầm trọng. Các cơ sở khoa học hiện đại như Danh sách Đỏ của IUCN, Công ước CITES cùng nhiều công cụ pháp lý quốc tế đã tạo dựng nền tảng quan trọng cho việc đánh giá mức độ nguy cấp và điều phối các hoạt động bảo tồn. Song song với đó, sự phát triển của CNSH và các phương pháp tiên tiến như phân tích di truyền, nuôi cấy mô, GIS, viễn thám và mô hình sinh thái đã mở ra cơ hội mới trong việc theo dõi, đánh giá và phục hồi QT của những loài thực vật quý hiếm. Các chiến lược bảo tồn in situ và ex situ, kết hợp với việc thành lập các khu BTTN, ngân hàng gen và vườn thực vật, ngày càng thể hiện vai trò thiết yếu trong việc gìn giữ nguồn gen và bảo vệ chức năng sinh thái. Đồng thời, yếu tố xã hội, đặc

biệt là sự tham gia của cộng đồng địa phương, được nhìn nhận như một điều kiện tiên quyết để quản lý tài nguyên thiên nhiên bền vững và đảm bảo phân chia công bằng các lợi ích bảo tồn [34]. Tổng thể, nghiên cứu và bảo tồn các loài thực vật nguy cấp, quý hiếm đòi hỏi một cách tiếp cận liên ngành cùng với sự phối hợp chặt chẽ giữa giới khoa học, nhà quản lý và cộng đồng. Những tri thức khoa học đáng tin cậy, được hỗ trợ bởi công nghệ hiện đại và các chính sách phù hợp, chính là nền tảng để bảo tồn hiệu quả các loài thực vật quý hiếm trong bối cảnh BĐKH.

1.1.2. Nghiên cứu đặc điểm hình thái và sinh thái loài Xá xị và các loài khác trong chi Quế

*** Tên gọi, phân loại, đặc điểm hình thái**

Chi *Cinnamomum* lần đầu tiên được Jacob Christian Schaeffer mô tả năm 1760, thuộc họ Long não (Lauraceae). Trải qua nhiều giai đoạn nghiên cứu, đã có những tranh luận về vị trí và ranh giới phân loại trong nội bộ chi [35-38], Tuy nhiên, đến nay *Cinnamomum* là một chi hợp lệ của họ Long não và được chấp nhận phổ biến trong các hệ thống phân loại hiện đại trên thế giới (<http://www.theplantlist.org/browse/A/Lauraceae/Cinnamomum/>).

Loài *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn., thuộc chi *Cinnamomum*, họ Lauraceae, đã từng được ghi nhận dưới nhiều tên đồng nghĩa khác nhau, bao gồm: *Laurus parthenoxylon* Jack; *Camphora parthenoxylon*; *Cinnamomum porrecta*; *C. barbatoaxillatum*; *C. porrectum*; *C. purpureum*; *Laurus porrecta*; *Parthenoxylon porrectum*; *Phoebe latifolia*; *Sassafras parthenoxylon* [39].

Dựa trên việc xây dựng khóa định loại cho 55 loài thuộc chi *Cinnamomum* phân bố ở khu vực châu Mỹ, Lorea-Hernández (1996) cho rằng các loài trong chi này thể hiện sự biến thiên đáng kể về đường kính, chiều cao, phụ thuộc vào điều kiện khí hậu [40]. Ở vùng Trung và Nam Mỹ, nhiều loài có dạng cây gỗ lớn, chiều cao có thể vượt quá 30 m như *C. breedlovei*, *C. effusum*..., trong khi tại những khu vực nóng hoặc khô hơn, chúng thường tồn tại dưới dạng cây gỗ nhỏ hoặc cây bụi, ví dụ *C. haussknechtii*, *C. uninervium*... Đặc trưng hình thái chung của các loài trong chi là cây gỗ thường xanh hoặc cây bụi, vỏ có mùi thơm; chồi có thể để trần hoặc được bao che bởi vảy, với dạng vảy chồng lợp có thể phân biệt rõ hoặc không. Lá mọc đối, gần đối hoặc mọc cách; gân lá thường có 3 gân chính xuất phát từ gốc, có thể kèm gân phụ hoặc dạng gân lông chim. Cụm hoa thường ở nách hoặc đầu cành, dạng chùy, gồm từ 3 hoa trở lên; bao hoa có 6 thùy sớm rụng. Hoa nhỏ, mẫu 3, lưỡng tính (hiếm khi tạp tính), màu vàng hoặc trắng. Bộ nhị thường gồm 9 nhị (đôi khi 6), sắp xếp thành 3 vòng; bao phấn thường 4 ô (ít gặp 2 ô); hai vòng nhị ngoài có bao phấn hướng

vào trong, không tuyến; vòng thứ ba có bao phần hướng ra ngoài và mang 2 tuyến; vòng thứ tư gồm 3 nhị lép dạng mũi mác hoặc hình tim, có cuống. Bầu nhụy thon dài, tương đương vòi nhụy; vòi nhụy mảnh, núm nhụy dạng đầu hoặc dạng đĩa, đôi khi chia 3 thùy. Quả mọng, nằm trong ống bao hoa có dạng chén, chuông hoặc nón cụt đầu, mép gợn sóng, có răng không đều hoặc đôi khi chia 6 thùy. Theo Kostermans (1961), Ravindran và cộng sự (2004), Soh (2011)..., bốn đặc điểm chính dùng để phân biệt các loài trong chi *Cinnamomum* gồm: (i) chiều dài của gân lá; (ii) sự hiện diện của lông trên bề mặt lá; (iii) đặc điểm của đế quả; (iv) số ô bao phần trong nhị hoa [41-43].

Tại Trung Quốc, loài Xá xị đã được mô tả đặc điểm hình thái chi tiết [39]. Đây là cây gỗ, thân thẳng, chiều cao phổ biến từ 10–20 m, đường kính ở vị trí 1,3m đạt 40 cm. Vỏ thân có màu nâu xanh đậm, chuyển vàng xám ở phần trên, thường nứt dọc sâu và bong thành từng mảng, dày khoảng 3–5 mm; phần bên trong vỏ có màu đỏ và tỏa mùi long não đặc trưng. Cành non khỏe, dạng trụ, có màu nâu xanh; khi già hơn chuyển sang màu xanh xám, có tiết diện góc cạnh và bề mặt nhẵn, không có lông.

Chồi non có dạng hình trứng, được bao phủ bởi các vảy chồi hình tròn có lông. Lá mọc so le, cuống dài 1,5 – 3 cm, dạng lõm – lồi, nhẵn; phiến lá màu xanh lục hoặc xanh lục xám ở mặt xa trục, xanh đậm và bóng ở mặt gần trục, thường có dạng elip–trứng hoặc elip–trứng hẹp, kích thước 6–12 × 3–6 cm. Những lá trên cành non thường nhỏ hơn, phiến lá dai và nhẵn ở cả hai mặt. Hệ gân lá dạng hình thoi, với 4–5 cặp gân bên rõ trên cả hai mặt, nối với gân giữa; nách gân bên có dạng vòm khó quan sát ở mặt xa trục và hơi phồng ở mặt gần trục; gân ngang và gân phụ tạo thành mạng lưới. Góc lá hình nêm đến nêm rộng, mép nguyên, đỉnh thường nhọn hoặc hơi nhọn ngắn.

Cụm hoa dạng chùy, mọc ở nách phần trên của cành non hoặc gần ngọn, dài 4,5–8 cm; trục và cuống hoa nhẵn, cuống hoa mảnh, dài 3–5,5 cm, mỗi cuống hoa dài tới 4 mm. Hoa nhỏ, màu xanh lục vàng, đường kính khoảng 3 mm. Bao hoa nhẵn ở mặt ngoài, có lông ở mặt trong; ống bao hoa hình nón, dài khoảng 1 mm; thùy bao hoa hình bầu dục, kích thước xấp xỉ 2 × 1,2 mm. Bộ nhị gồm 9 nhị hữu thụ, dài khoảng 1,5 mm (vòng 1 và 2) hoặc 1,7 mm (vòng 3); chỉ nhị có lông; ở vòng 3, mỗi nhị mang hai tuyến hình tim có cuống ngắn, một số trường hợp tuyến không phát triển. Bao phần hình trứng hoặc thuôn, dài khoảng 0,7 mm, chia thành 4 ô. Ba nhị lép hình tim tam giác, có cuống ngắn dưới 1 mm, phủ lông. Bầu nhụy hình trứng, dài khoảng 1 mm, nhẵn; vòi nhụy cong, dài tương đương; đầu nhụy dạng đĩa, đôi khi chia ba thùy khó nhận thấy.

Quả mọng hình cầu, màu đen, đường kính 6–8 mm; bao hoa tồn tại, màu đỏ, dạng nón cụt hẹp, dài khoảng 1 cm hoặc nhỏ hơn, có các vân dọc, góc rộng khoảng 1

mm. Thời kỳ ra hoa từ tháng 3 đến tháng 5, kết quả từ tháng 4 đến tháng 10.

*** Đặc điểm phân bố, sinh thái**

Chi *Cinnamomum* Schaeffer thuộc họ Lauraceae, hiện ghi nhận khoảng 250 loài, với phạm vi phân bố rộng trên khu vực Bắc bán cầu, châu Á đến châu Mỹ Latinh [44]. Loài Xá xị được xác định có nguồn gốc ở nhiều quốc gia Nam và Đông Nam Á. Loài này chủ yếu sinh trưởng trong các quần xã rừng nhiệt đới ẩm, ở đai cao < 1.500m [39, 45].

Trong những năm gần đây, nhiều loài thuộc chi này được trồng phổ biến để khai thác vỏ và tinh dầu, đặc biệt ở khu vực châu Á. Wei (2008) về ảnh hưởng của điều kiện ánh sáng đến sự sinh trưởng của cây con hai năm tuổi ở hai loài *Cinnamomum camphora* và *C. bodinieri* cho thấy cường độ ánh sáng khoảng 80% là mức tối ưu, giúp cây đạt các chỉ số sinh trưởng tốt nhất về chiều cao (Hvn), chiều dài cành và sinh khối. Ngược lại, khi cường độ ánh sáng giảm, tốc độ gia tăng đường kính thân ở cả hai loài đều bị suy giảm tương ứng [46].

Zhang và cộng sự (2007) khi nghiên cứu về loài Quế rành (*Cinnamomum burmannii*) nhận thấy rằng phần lớn cây non có Hvn (2–8 m) và D1.3 (2–6 cm). Những số liệu này cho thấy loài có khả năng sinh trưởng khá tốt, góp phần quan trọng cho quá trình phục hồi và duy trì cân bằng sinh thái tại các khu vực phân bố tự nhiên [47].

Zhang và cộng sự (2014) đã đánh giá các chỉ tiêu sinh trưởng của *Cinnamomum bodinieri* ở giai đoạn cây con tại nhiều địa điểm nghiên cứu [48]. Kết quả cho thấy giai đoạn cây con của loài kéo dài khoảng 200 ngày, với Hvn dao động từ 33,05–84,60 cm, đường kính cổ rễ từ 9,23–13,32 mm và sinh khối đạt 32,44–109,39 g.

Kameyama và Nakajima (2018) đã nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện môi trường tại khu vực phía Đông Nhật Bản đến khả năng bén rễ và phát triển của cây con Long não. Tiến hành thí nghiệm trong rừng lá rộng rụng lá, cho thấy tỷ lệ nảy mầm có mối tương quan nghịch với cường độ phân tán ánh sáng quang hợp và độ ẩm của tầng đất, nhưng lại tương quan thuận với biên độ nhiệt của bề mặt thổ nhưỡng [49].

Zhou và cộng sự (2021) đã tiến hành nghiên cứu toàn diện về phân bố của các loài thuộc chi *Cinnamomum* tại Trung Quốc nhằm phục vụ đánh giá tình trạng bảo tồn và đề xuất giải pháp quản lý cho các khu BTTN. Kết quả cho thấy chi này chiếm ưu thế trong các quần xã rừng lá rộng thường xanh cận nhiệt đới, tập trung chủ yếu ở khu vực phía Nam Trung Quốc. Với mật độ cá thể lớn, độ che phủ cao, sinh khối dồi dào và khả năng sinh trưởng mạnh, *Cinnamomum* giữ vai trò then chốt trong việc duy trì sự ổn định của HST rừng lá rộng thường xanh cận nhiệt đới [45].

* Giá trị sử dụng và giá trị bảo tồn

Chi *Cinnamomum* từ lâu được coi là một nguồn tài nguyên thực vật đa giá trị, tập hợp nhiều loài cây có tiềm năng ứng dụng rộng rãi. Hầu hết các bộ phận của cây, từ vỏ, lá, thân cho đến rễ, đều chứa tinh dầu thơm đặc trưng, mang lại giá trị cao trong các lĩnh vực gia vị, hương liệu và dược phẩm. Gỗ của nhiều loài không chỉ bền chắc, có mùi thơm tự nhiên dễ chịu, nhờ vậy sử dụng trong sản xuất đồ gỗ nội thất cao cấp [50]. Tinh dầu Xá xị chứa nhiều hợp chất thuộc các nhóm như axit béo, hydrocarbon, terpenin, aldehyde và flavonoid. Đây là những hoạt chất có tác dụng sinh học quan trọng như chống tiểu đường, chống viêm, kháng khuẩn, ức chế tyrosinase, chống đông máu và bảo vệ gan, do đó được ứng dụng trong y dược [14, 51].

Lá loài Xá xị chứa hàm lượng tinh dầu cao, giàu các hợp chất terpenoid, phổ biến làm nguyên liệu trong nhiều lĩnh vực như thực phẩm, y dược và hóa chất tiêu dùng [52]. Thành phần tinh dầu lá Xá xị đặc biệt phong phú về các monotерpen có chứa ôxy, trong đó linalool và citral là hai hợp chất quan trọng. Linalool được ứng dụng làm hương liệu và sản phẩm chăm sóc cá nhân [53], chống viêm [54] và ức chế sự phát triển khối u [55]. Citral, với hoạt tính kháng khuẩn mạnh được dùng như một chất phụ gia thực phẩm [56]. Bên cạnh đó, các chiết xuất từ lá, vỏ, gỗ và rễ của Xá xị cho thấy khả năng chống oxy hóa, kháng khuẩn và ức chế tế bào ung thư, khẳng định tiềm năng y học của loài [11, 57]. Ngoài tinh dầu, Xá xị còn chứa nhiều hợp chất thứ cấp có giá trị dược lý như phenolic, tannin và alkaloid với tác dụng hạ đường huyết [58], phenylpropanoid với hoạt tính kháng bạch cầu mạnh [13] và flavonoid glycoside rutin với khả năng chống oxy hóa và bảo vệ gan hiệu quả [59].

Chi *Cinnamomum* (Lauraceae) là một nhóm thực vật có tính đa dạng cao, mang lại nhiều giá trị về sinh học và kinh tế, phân bố chủ yếu ở khu vực HST rừng nhiệt đới và cận nhiệt đới châu Á [45]. Trong đó, loài Xá xị là đại diện tiêu biểu với ý nghĩa nổi bật cả về đặc điểm hình thái, sinh thái và tiềm năng ứng dụng. Các loài thuộc chi này thể hiện sự biến thiên rõ rệt về kích thước hình thái tùy thuộc vào điều kiện sinh trưởng, trải từ dạng cây bụi đến cây gỗ lớn, thường có đặc điểm vỏ giàu tinh dầu thơm, lá ba gân đặc trưng và cụm hoa nhỏ dạng chùy. Đặc biệt, bốn tiêu chí hình thái gồm hệ gân lá, sự hiện diện của lông trên phiến lá, đặc điểm đế quả và cấu trúc bao phấn được coi là cơ sở quan trọng cho việc phân loại và định danh chính xác các loài trong chi *Cinnamomum*.

Về phương diện sinh thái, các loài *Cinnamomum* có khả năng thích nghi tốt với khí hậu cận nhiệt đới [45], thường sinh trưởng ổn định dưới tán rừng hoặc tại những vị trí có ánh sáng tán xạ. Sự phát triển của cây con chịu ảnh hưởng đáng kể cường độ

ánh sáng, độ ẩm và đặc tính đất. Một số loài trong chi còn thể hiện tiềm năng phục hồi sinh thái cao, nhờ đó có giá trị ứng dụng trong trồng rừng và bảo tồn ĐDSH.

1.1.3. Nghiên cứu đa dạng di truyền quần thể và loài *Xá xị* và các loài khác trong chi *Quế*

Han và cộng sự (2024) đã nghiên cứu ĐDDT và cấu trúc QT của loài *Quế* (*Cinnamomum cassia* (L.)J.Presl) tại Trung Quốc thông qua cách tiếp cận tích hợp giữa đặc điểm hình thái, thành phần hóa học và chỉ thị phân tử SNP [60]. Nghiên cứu dựa trên 71 mẫu cá thể thu thập từ bảy QT thuộc hai tỉnh, trong đó chín chỉ tiêu hình thái, ba thành phần hóa học và các dữ liệu SNP được phân tích để đánh giá sự biến động di truyền. Kết quả cho thấy sự đa dạng đáng kể ở cả hình thái và hóa học; một số đặc điểm như chiều dài lá, chiều rộng lá, hàm lượng tinh dầu bay hơi có mối liên hệ chặt chẽ với vị trí phân bố địa lý. Phân tích AMOVA chỉ ra rằng phần lớn biến dị di truyền tập trung trong nội bộ QT (95,87%), trong khi sự khác biệt giữa các QT là không đáng kể, có thể do ảnh hưởng của quá trình thích nghi tự nhiên hoặc việc trao đổi hạt giống phổ biến trong sản xuất nông nghiệp. Chỉ số thông tin Shannon (I) dao động từ 0,418–0,513 (trung bình 0,478), với các thông số khác lần lượt là $N_A = 1,860$; $N_E = 1,584$, $H_O = 0,481$; $H_E = 0,325$ và $PPB = 86,04\%$. Kết quả phân tích cấu trúc QT bằng phần mềm ADMIXTURE cho thấy 71 cá thể được phân thành ba nhóm di truyền. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở quan trọng cho việc định hướng chiến lược nhân giống và làm sáng tỏ mối quan hệ tiến hóa trong QT *C. cassia*.

Zhang và cộng sự (2021) đã thực hiện một nghiên cứu toàn diện về ĐDDT, cấu trúc QT và lịch sử tiến hóa của loài *Cinnamomum chago* tại Trung Quốc [61]. Nghiên cứu này sử dụng bốn cặp dấu hiệu ADN kết hợp với 11 chỉ thị SSR nhằm đánh giá một cách có hệ thống năm QT tự nhiên của loài. Kết quả cho thấy mức ĐDDT nhìn chung thấp nhưng có sự khác biệt di truyền đáng kể giữa các QT ($N_A = 2,509$; $N_P = 3,8$; $R_A = 2,423$; $A_E = 1,635$; $H_O = 0,177$; $H_E = 0,340$). Hiện tượng cận huyết được ghi nhận rõ rệt với hệ số F cao (0,462) và tỷ lệ lai xa thấp ($t = 0,365$). Mặc dù phân tích không phát hiện mối tương quan giữa khoảng cách địa lý và khoảng cách di truyền, song vẫn xác định được sự phân hóa không gian trong cấu trúc QT. Cả dòng gen trong lịch sử và hiện tại đều ở mức rất thấp, cùng với bằng chứng về các “nút thắt cổ chai” gần đây phản ánh sự suy giảm mạnh kích thước QT trong quá khứ. Từ các kết quả này, nhóm tác giả nhấn mạnh nhu cầu bảo tồn in situ tại các sinh cảnh tự nhiên còn sót lại kết hợp với các chương trình nhân giống ex situ để phục hồi và duy trì nguồn gen. Những phát hiện này không chỉ góp phần làm rõ đặc điểm di truyền của *C. chago*, mà còn mang lại cơ sở khoa học hữu ích cho công tác bảo tồn các loài thực vật đặc hữu và nguy cấp khác trong bối cảnh biến đổi môi trường hiện nay.

Li và cộng sự (2023) đã nghiên cứu ĐDDT và mô hình phân bố địa lý của loài Long não (*Cinnamomum camphora*) dưới tác động của BĐKH tại Trung Quốc [62]. Bằng cách sử dụng dữ liệu SNP từ giải trình tự RNA-seq, nhóm tác giả đã phân tích 186 mẫu đại diện cho 17 QT nhằm làm rõ cấu trúc và mức độ đa dạng di truyền. Kết quả chỉ ra rằng loài có mức ĐDDT trung bình, với $H_O = 0,428$ và $H_E = 0,409$. Mức phân hóa di truyền giữa các QT thấp ($F_{st}=0,069$), phản ánh sự trao đổi gen nhất định. Phân tích cấu trúc QT cho thấy sự tồn tại của hai nhóm gen chính. Đồng thời, mô hình Maxent được áp dụng trên cơ sở 10 biến môi trường để xây dựng bản đồ phân bố tiềm năng, kết quả cho thấy *C. camphora* hiện tập trung chủ yếu ở miền Nam Trung Quốc và có xu hướng mở rộng về phía Bắc trong bối cảnh khí hậu ấm dần lên và lượng mưa gia tăng. Từ các kết quả này, tác giả đề xuất rằng *C. camphora* có thể đóng vai trò quan trọng hơn trong chiến lược trồng rừng, phục hồi sinh cảnh và phát triển kinh tế lâm nghiệp, nhờ vào khả năng mở rộng diện tích sinh thái thích hợp trong tương lai.

Zhong và cộng sự (2019) đã đánh giá đa ĐDDT và cấu trúc QT của loài Long não tại khu vực Nam Trung Quốc bằng cách sử dụng 22 EST-SSRs trên 180 cá thể, đại diện cho 41 QT [63]. Kết quả cho thấy tổng cộng 61 alen được phát hiện, phản ánh mức ĐDDT trung bình, với các giá trị $H_O = 0,45$; $H_E = 0,44$ và chỉ số đa dạng Nei (GD)=0,44. Trên phạm vi QT, số alen trung bình là 4,4, với số alen hiệu quả (N_e) đạt khoảng 2,02. Đáng chú ý, giá trị H_e dao động khá rộng giữa các QT, từ 0,30 (SC) đến 0,61 (HK), cho thấy sự khác biệt rõ rệt về mức độ đa dạng tại các khu vực phân bố khác nhau. Phân tích cấu trúc di truyền bằng PCoA, cây phân loại UPGMA và kiểm định Mantel đã xác định hai nhóm di truyền chính, tương ứng khá rõ với phân bố địa lý: nhóm I tập trung tại tỉnh Giang Tây, trong khi nhóm II bao gồm các QT từ các địa phương khác. Những phát hiện này không chỉ cung cấp hiểu biết quan trọng về mô hình biến dị di truyền tự nhiên của *C. camphora*, mà còn mang lại CSKH phục vụ xây dựng chiến lược bảo tồn in situ, cũng như định hướng cho các chương trình lai tạo và chọn giống nhằm khai thác và phát triển bền vững loài cây có giá trị này trong tương lai.

Yan và cộng sự (2017) đã giải trình tự hệ gen của loài Long não dầu (*Cinnamomum longepaniculatum*) bằng kỹ thuật NGS trên nền tảng Illumina [64]. Phân tích dữ liệu thu được cho phép nhận diện 23.463 microsatellite (SSR) phân bố trong hệ gen của loài. Việc phát hiện và định danh hệ thống SSR này không chỉ giúp làm sáng tỏ đặc điểm cấu trúc bộ gen, mà còn cung cấp một nguồn chỉ thị phân tử có giá trị. Các SSR được xác định có tiềm năng so sánh bộ gen giữa các loài cùng chi (*Cinnamomum*) và cùng họ (Lauraceae), đồng thời hỗ trợ hiệu quả cho các nghiên cứu về ĐDDT, chọn giống và cải tiến giống. Nghiên cứu này đặt nền tảng khoa học

quan trọng cho việc phát triển các chiến lược bảo tồn cũng như khai thác bền vững nguồn gen của *C. longepaniculatum*.

Kameyama và cộng sự (2017) đã phân tích ĐDDT loài Long não bằng chỉ thị SSR trên các cây cỏ thụ thu thập tại Nhật Bản, Trung Quốc và Đài Loan [65]. Kết quả cho thấy sự phân hóa di truyền rõ rệt giữa các QT, trong đó các cá thể ở Nhật Bản có sự tách biệt sâu so với hai khu vực còn lại. Đáng chú ý, mức độ ĐDDT tại Nhật Bản thấp hơn hẳn, được cho là hệ quả của sự cô lập địa lý lâu dài. Điều này hàm ý nguy cơ suy giảm khả năng thích nghi trong bối cảnh môi trường biến đổi. Tác giả khuyến nghị các biện pháp bảo tồn, bao gồm tăng cường trao đổi vật liệu di truyền và triển khai chương trình nhân giống chọn lọc nhằm duy trì và phục hồi nguồn gen của loài.

Loài Nguyệt quế Ấn Độ (*Cinnamomum tamala*), ở 3 khu vực khác nhau thuộc dãy Himalaya ở bang Uttarakhand (Ấn Độ), đã được nghiên cứu nhằm đánh giá ĐDDT và mối quan hệ giữa các QT bằng RAPD và ISSR [66]. Kết quả chỉ ra mức độ ĐDDT cao, phản ánh sự phong phú nguồn gen giữa các khu vực địa lý khác nhau. Điều này cho thấy các QT hiện tại vẫn duy trì được vốn gen đa dạng, một yếu tố then chốt bảo đảm khả năng thích nghi và tiềm năng phát triển của loài trong nhiều điều kiện môi trường. Đặc biệt, chỉ thị ISSR chứng minh được hiệu quả vượt trội trong việc phân tích mối quan hệ di truyền nội bộ và nhận diện các mẫu vật mang đặc trưng di truyền riêng biệt. Các phát hiện này không chỉ mang lại cơ sở khoa học cho các chương trình bảo tồn *C. tamala*, mà còn định hướng cho công tác quản lý nguồn gen và nhân giống phục tráng trong bối cảnh BĐKH và suy thoái sinh cảnh..

Trong nghiên cứu của Joy và Maridass (2008), kỹ thuật RAPD đã được sử dụng nhằm phân tích ĐDDT và làm rõ MQH giữa các loài *Cinnamomum* [67]. Kết quả phản ánh có sự phân hóa di truyền rõ rệt, đồng thời xác định được những ĐDDT đặc thù của từng loài, góp phần xây dựng cây phát sinh chủng loại đáng tin cậy. Các dữ liệu thu được không chỉ tạo cơ sở cho các chương trình chọn giống và cải thiện giống ở những loài có giá trị kinh tế, dược liệu, mà còn khẳng định tiềm năng ứng dụng RAPD trong bảo tồn nguồn gen. Việc phân loại và nhận diện chính xác đa dạng nguồn gen là tiền đề quan trọng để xây dựng các chiến lược bảo tồn và khai thác bền vững nguồn tài nguyên quý giá này trong tương lai.

Những nghiên cứu đã công bố cho thấy vai trò then chốt của các phương pháp phân tích di truyền, đặc biệt như RAPD, ISSR, SNP và SSR, trong việc đánh giá ĐDDT, CTD và MQH trong chi *Cinnamomum*. Kết quả cho thấy mức độ ĐDDT dao động đáng kể giữa các loài và các QT, phản ánh sự khác biệt về lịch sử phát triển, đặc điểm địa lý – sinh thái và mức độ tác động của con người. Một số loài như *C.*

tamala và *C. cassia* biểu hiện mức độ ĐDDT cao, trong khi những loài hiếm như *C. chago* lại cho thấy hiện tượng cận huyết và hạn chế dòng gen. Đáng chú ý, *C. camphora* được nghiên cứu rộng rãi và cho thấy sự phân hóa di truyền rõ rệt theo vùng địa lý, đặc biệt giữa các QT ở Trung Quốc, Nhật Bản và Đài Loan. Các bằng chứng di truyền này không chỉ cung cấp cái nhìn sâu sắc về cấu trúc và động thái QT, mà còn là cơ sở quan trọng để đánh giá khả năng thích nghi và tiềm năng phát triển của các loài trong bối cảnh biến đổi khí hậu và suy thoái sinh cảnh. Đồng thời, chúng cũng tạo nền tảng khoa học cho việc xây dựng các chiến lược bảo tồn in situ và ex situ, chọn giống có định hướng và khai thác bền vững nguồn gen quý của chi *Cinnamomum*. Vì vậy, việc mở rộng nghiên cứu đối với các loài bản địa nguy cấp, điển hình là *C. parthenoxylon*, là cần thiết nhằm bảo tồn ĐDSH và duy trì giá trị di truyền của một trong những loài thực vật có ý nghĩa sinh thái và kinh tế.

1.1.4. Nghiên cứu mô hình phân bố loài phục vụ bảo tồn loài

Mục tiêu của các SDM là nhằm làm sáng tỏ những quá trình cơ bản và cơ chế sinh thái chi phối sự cùng tồn tại của các loài ở các quy mô không gian khác nhau [68]. Theo Getzin và cs (2008), cả các yếu tố nội tại của QT và các yếu tố ngoại cảnh đều có ảnh hưởng đến sự phân bố không gian của loài [69]. Một số nghiên cứu khác cũng chỉ ra rằng khả năng phát tán của hạt giống, sự phụ thuộc mật độ và mức độ phù hợp của sinh cảnh là những nhân tố quan trọng điều chỉnh mô hình phân bố [70]. Ngoài ra, sự dị thể của môi trường sống được xem là yếu tố có ảnh hưởng đáng kể đến sự sắp xếp không gian của loài ở quy mô lớn, trong khi trạng thái cân bằng của quần xã cây rừng phụ thuộc vào sự tương tác giữa khả năng phát tán và mức độ cạnh tranh của các loài.

Nghiên cứu mối quan hệ không gian của thực vật thường gặp nhiều thách thức khi điều kiện sinh cảnh biểu hiện sự không đồng nhất ở quy mô lớn [71]. Các yếu tố môi trường như đá lộ thiên, hàm lượng dinh dưỡng trong đất, độ ẩm hay sự xuất hiện của khoảng trống có thể làm mờ đi ranh giới giữa các tương tác trực tiếp của thực vật, khiến việc phân định đó là cạnh tranh hay tương hỗ trở nên khó khăn [72]. Sự dị thể của môi trường sống còn làm phức tạp quá trình phân tích mô hình không gian do khó tách biệt tác động của yếu tố sinh học và phi sinh học [73]. Trong bối cảnh đó, hạn chế phát tán được xem là một cơ chế tiềm năng dẫn đến sự phân cắt không gian của thực vật, đồng thời góp phần giảm mức độ cạnh tranh giữa các cá thể [74]. Kiểu phân bố theo cụm của loài cây có thể xuất phát từ sự kết hợp của nhiều yếu tố, bao gồm đặc điểm sinh cảnh phù hợp, quá trình sinh thái và sự giới hạn nguồn tài nguyên, tất cả cùng tác động đến cấu trúc không gian của loài [75]. Nói cách khác, sự giới hạn

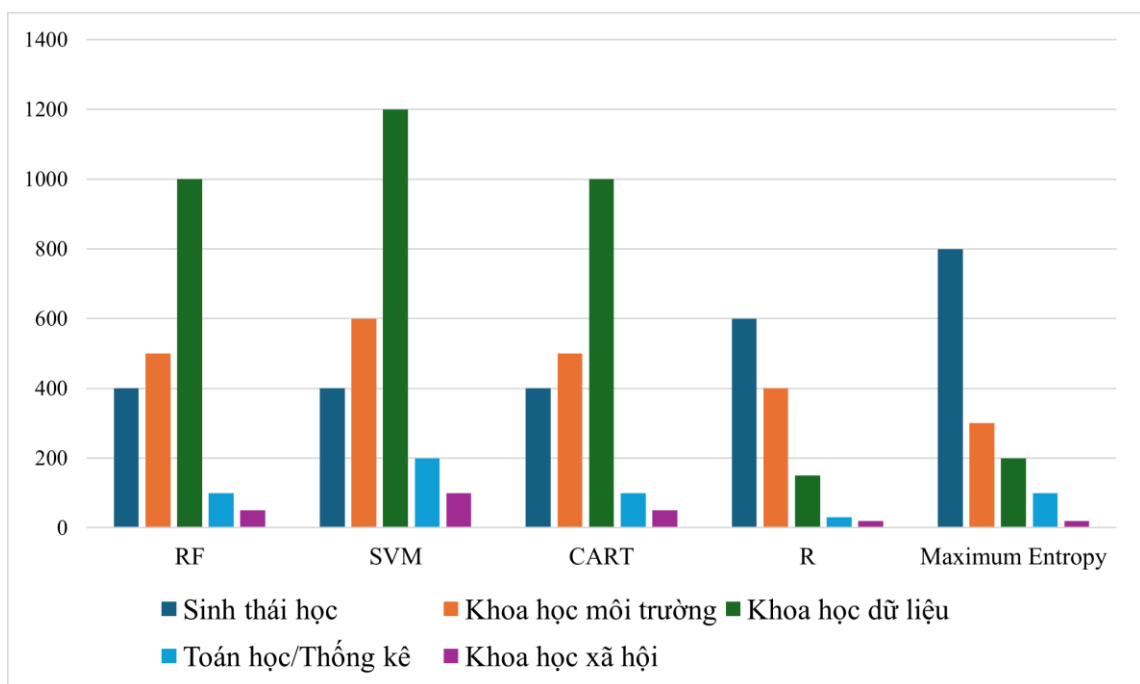
phát tán cùng với tính không đồng nhất của môi trường đã góp phần tạo nên hiện tượng phân bố co cụm trong QT [76].

Thuật toán Maxent được xây dựng trên cơ sở nguyên lý entropy tối đa (maximum entropy) do nhà vật lý Jaynes đề xuất năm 1957 [77]. Nguyên lý này cho rằng: “Trong số tất cả các phân phối xác suất thỏa mãn các ràng buộc đã biết, nên lựa chọn phân phối có entropy lớn nhất”, tức là đưa ra ít giả định nhất ngoài các thông tin sẵn có. Dựa trên nền tảng đó, nhóm nghiên cứu tại AT&T Labs (Hoa Kỳ) đã phát triển Maxent cho mục đích mô hình hóa phân bố loài và công bố lần đầu vào năm 2006, khi Phillips và cộng sự chỉ ra tính hiệu quả của phương pháp này trong các trường hợp chỉ có dữ liệu hiện diện [78]. Hiện nay, Maxent đã trở thành một công cụ phổ biến trong sinh thái học và bảo tồn, với nhiều ứng dụng như: dự báo phạm vi phân bố tiềm năng của loài, xác định các điểm nóng ĐDSH, đánh giá mức độ phù hợp sinh cảnh ở hiện tại và tương lai, dựa trên mối liên hệ giữa dữ liệu phân bố và các yếu tố sinh thái [79-82]. Bên cạnh phần mềm gốc, Maxent cũng được triển khai trong nhiều ngôn ngữ và nền tảng tính toán: dưới dạng gói R chuyên biệt (‘dismo’, [83]), trong các nền tảng tổng hợp đa mô hình (‘sdm’, [84]; ‘biomod2’, [85]) hoặc được xây dựng lại thông qua cách tiếp cận mô hình tuyến tính tổng quát để điều chỉnh linh hoạt hơn (‘maxnet’; [86]).

Dữ liệu hiện diện loài (presence-only) đã và đang được sử dụng rộng rãi như một nguồn đầu vào quan trọng trong các nghiên cứu mô hình hóa phân bố loài [87]. Đây được xem là một giải pháp khả thi và dễ triển khai trong phần lớn các nghiên cứu sinh thái học [88]. Tuy nhiên, để đảm bảo độ tin cậy của kết quả, các nghiên cứu gần đây nhấn mạnh rằng việc nhận diện và đánh giá những hạn chế tiềm ẩn của loại dữ liệu này là điều cần thiết, từ đó đề xuất các phương pháp tiếp cận phù hợp nhằm nâng cao chất lượng và tính ứng dụng của mô hình.

Trong lĩnh vực nghiên cứu phân bố loài, nhiều thuật toán học máy đã được ứng dụng nhằm nâng cao độ chính xác của mô hình. Ưu điểm nổi bật của các phương pháp học máy là khả năng vận hành hiệu quả mà không đòi hỏi dữ liệu đầu vào quá phức tạp, do đó ngày càng trở thành lựa chọn phổ biến trong các nghiên cứu sinh thái. Trong số các phương pháp này, Maxent được đánh giá cao nhờ tính linh hoạt và độ tin cậy, đồng thời cho kết quả dự báo tương đối chính xác khi so sánh với các phương pháp truyền thống như Generalized Linear Model (GLM) hay Generalized Additive Model (GAM) [89]. Tuy nhiên, khi đặt cạnh các thuật toán tiên tiến hơn như Random Forest (RF), một số nghiên cứu cho thấy RF thường cho hiệu suất vượt trội, đặc biệt trong bối cảnh dữ liệu khảo sát hạn chế hoặc số lượng mẫu ít [90, 91].

Mặc dù Random Forest được đánh giá là một thuật toán tiềm năng trong xây dựng SDM, nghiên cứu của Shabani và cộng sự (2016) cho thấy kết quả dự báo có thể biến động đáng kể khi áp dụng ở các khu vực địa lý khác nhau. Phát hiện này nhấn mạnh rằng mỗi phương pháp mô hình hóa có thể đưa ra kết quả khác nhau tùy theo đặc điểm của loài và bối cảnh sinh thái, do đó việc lựa chọn công cụ mô hình cần được cân nhắc thận trọng [92]. Các phương pháp học máy nói chung đã chứng minh tính hiệu quả trong việc mô phỏng phạm vi phân bố hiện tại cũng như dự báo sự thay đổi phân bố của loài dưới các kịch bản tương lai. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc dự đoán phản ứng của sinh vật trước biến đổi cảnh quan và khí hậu, từ đó hỗ trợ xây dựng các chiến lược quản lý và bảo tồn bền vững [93-96].



Hình 1.1. Ứng dụng của một số thuật toán học máy đã được sử dụng trong SDM. (Trong đó, RF: Random Forest; SVM: support vector machine; CART: classification and regression tree; R: công cụ R; Maximum Entropy: Maxent)

Để có được cái nhìn toàn diện về sự phát triển và ứng dụng của các SDM, nhiều công bố tiêu biểu đã được thực hiện trên cả động vật và thực vật, trong đó nhấn mạnh khoảng trống nghiên cứu đối với sinh thái học nói chung và công tác bảo tồn các loài thực vật nguy cấp nói riêng. Phần lớn các nghiên cứu nổi bật về phân bố loài trong khoảng thời gian từ cuối kỷ băng hà Pleistocene đến Holocene tập trung chủ yếu vào động vật, trong khi thực vật ít được chú ý hơn, có thể do động vật thường nhạy cảm hơn trước các biến động của hệ sinh thái. Các nghiên cứu trên động vật chỉ ra rằng vùng phân bố của loài trong quá khứ và hiện tại không mang tính cố định, mà thay đổi tùy thuộc vào các yếu tố môi trường và sự biến động của sinh cảnh rừng [97, 98].

Khi diện tích rừng mở rộng hoặc thu hẹp, mức độ phù hợp của sinh cảnh đối với loài cũng bị ảnh hưởng trực tiếp [99]. Đối với thực vật, số lượng nghiên cứu còn hạn chế, trong đó đáng chú ý là công trình của Zhou và cộng sự (2021) về 47 loài thuộc chi *Cinnamomum*. Kết quả cho thấy phạm vi phân bố tiềm năng của nhóm loài này trong giai đoạn Cực đại Băng hà Cuối (Last Glacial Maximum) rộng hơn so với hiện nay. Dưới tác động của các kịch bản BĐKH, vùng sinh cảnh thích hợp của chi *Cinnamomum* được dự báo có thể dịch chuyển về phía Bắc hoặc lên độ cao lớn hơn, trong khi nhiều khu vực từng phù hợp lại có nguy cơ trở nên kém thích hợp. Nghiên cứu cũng chỉ ra các yếu tố khí hậu chủ chốt chi phối sự phân bố của chi này [45].

Mô hình hóa dựa trên phương pháp học máy không chỉ hữu ích trong dự báo phân bố loài mà còn được ứng dụng rộng rãi trong việc dự báo các hiện tượng tự nhiên như cháy rừng, ô nhiễm môi trường hay sự lan rộng của sinh vật ngoại lai [100-102]. Ví dụ, Martin và cộng sự (2019) đã phân tích dữ liệu cháy rừng được ghi nhận trong giai đoạn 2008–2011, kết hợp với mô hình Maximum Entropy để xác định các yếu tố tác động trực tiếp và dự báo những khu vực có nguy cơ cháy rừng cao tại vùng Đông Bắc Tây Ban Nha [102]. Sự phổ biến của các phần mềm thống kê và GIS mã nguồn mở như R và QGIS đã thúc đẩy nhiều nỗ lực nhằm tích hợp thuật toán Maximum Entropy vào các nền tảng này, giúp đơn giản hóa quy trình phân tích và thuận tiện trong việc chia sẻ kết quả. Đáng chú ý, Maxent hiện đã được tích hợp vào nền tảng điện toán đám mây Google Earth Engine (GEE), mở rộng hơn nữa khả năng ứng dụng trong nghiên cứu và quản lý tài nguyên thiên nhiên [103].

Kết quả tổng hợp từ các công trình công bố trên hệ thống tạp chí thuộc Web of Science trong giai đoạn 2015–2024 (Hình 1.1), được truy xuất và chọn lọc thông qua Google Scholar với từ khóa “machine learning”. Kết quả phản ánh có sự khác biệt rõ rệt về mức độ phổ biến của các phương pháp mô hình hóa trong các lĩnh vực khoa học. Trong khi các thuật toán như SVM, CART và RF được ứng dụng rộng rãi trong khoa học dữ liệu và các nghiên cứu về môi trường, thì Maximum Entropy, RF và R lại chiếm ưu thế trong các nghiên cứu sinh thái học. Sự khác biệt về tần suất sử dụng này phản ánh tính đặc thù và mức độ phù hợp của từng phương pháp đối với từng loại dữ liệu cũng như mục tiêu nghiên cứu.

Nghiên cứu SDM nói chung và đối với chi *Cinnamomum* nói riêng, ngày càng khẳng định vai trò là công cụ thiết yếu trong bảo tồn ĐDSH, đặc biệt với các loài thực vật nguy cấp và quý hiếm [45]. Trong bối cảnh BĐKH và sự thay đổi cảnh quan diễn biến phức tạp, các thuật toán học máy như Maxent và Random Forest (RF) đã chứng minh hiệu quả trong việc dự báo vùng sinh cảnh tiềm năng, nhận diện các điểm nóng ĐDSH, cũng như đánh giá nguy cơ suy giảm phạm vi phân bố theo thời gian [103].

Mỗi phương pháp có những thế mạnh riêng: Maxent đặc biệt phù hợp với dữ liệu hiện diện đơn (Presence-Only), trong khi RF cho kết quả chính xác cao ngay cả với bộ dữ liệu nhỏ hoặc phạm vi nghiên cứu hạn chế. Tuy nhiên, độ tin cậy của mô hình phụ thuộc đáng kể vào chất lượng dữ liệu, quy mô khảo sát và đặc điểm sinh thái của loài nghiên cứu. Do đó, việc lựa chọn thuật toán cần được cân nhắc thận trọng, đồng thời kết hợp nhiều mô hình khác nhau có thể giúp nâng cao tính ổn định và độ tin cậy của dự báo [104]. Trong tương lai, sự tích hợp giữa mô hình học máy với công cụ GIS, dữ liệu viễn thám và các phương pháp phân tích không gian được kỳ vọng sẽ tạo nền tảng khoa học vững chắc, góp phần định hướng các hoạt động quy hoạch và bảo tồn loài theo hướng hiệu quả và bền vững.

1.2. TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU Ở VIỆT NAM

1.2.1. Cơ sở khoa học về nghiên cứu thực vật nguy cấp quý hiếm

Việt Nam sở hữu diện tích rừng tương đối lớn, nhiều loài động, thực vật với mức độ ĐDSH cao. Tuy nhiên, cùng với quá trình phát triển kinh tế – xã hội, một phần đáng kể diện tích rừng đã bị chuyển đổi sang các mục đích khác như nông nghiệp, đô thị hóa hay khai thác tài nguyên. Ngoài ra, các hoạt động nhân sinh như đốt nương làm rẫy, cùng với những tác động bất lợi từ cháy rừng và các tai biến môi trường, đã làm suy giảm nghiêm trọng diện tích rừng tự nhiên và kéo theo sự mất mát môi trường sống của nhiều loài sinh vật [105].

Nhận thức rõ tầm quan trọng của việc bảo tồn ĐDSH và bảo vệ các loài nguy cấp, Chính phủ Việt Nam đã ban hành nhiều chính sách và giải pháp kịp thời. Ngày 8/9/1986, Chỉ thị số 194-CT về việc thành lập hệ thống rừng đặc dụng (RĐD) được ban hành, phân chia thành ba loại chính: VQG, Khu BTTN và Khu rừng văn hoá– lịch sử–môi trường. Theo quy định tại Luật Lâm nghiệp số 16/2017/QH14 ngày 15/11/2017, hệ thống RĐD hiện nay được mở rộng và phân loại thành năm nhóm: (1) VQG; (2) Khu dự trữ thiên nhiên (DTTN); (3) Khu bảo tồn loài–sinh cảnh; (4) Khu bảo vệ cảnh quan; và (5) Khu rừng nghiên cứu, thực nghiệm khoa học. Từ khi thành lập đến nay, hệ thống này đã phát triển từ 73 khu vào năm 1986 lên 164 khu, thể hiện rõ nỗ lực và cam kết mạnh mẽ của Việt Nam trong công tác bảo tồn và quản lý bền vững tài nguyên rừng.

Bên cạnh việc hình thành hệ thống RĐD, Chính phủ Việt Nam cũng ban hành nhiều văn bản pháp lý quan trọng nhằm bảo tồn và phát triển các loài động, thực vật quý hiếm. Các nghị định như Nghị định 18, Nghị định 48, Nghị định 32 đã đưa ra các biện pháp cụ thể trong quản lý và bảo vệ nguồn gen. Theo Nghị định 32, các loài được phân thành hai nhóm chính: nhóm IA với 15 loài động, thực vật và nhóm IIA

với 37 loài động, thực vật cần được ưu tiên bảo vệ khẩn cấp [7]. Việc số lượng loài trong danh mục này liên tục gia tăng qua các giai đoạn phản ánh áp lực ngày càng lớn đối với công tác quản lý, đồng thời cho thấy nhu cầu cấp thiết trong việc tăng cường các chiến lược bảo tồn và sử dụng bền vững nguồn tài nguyên sinh học.

Sách đỏ Việt Nam (2024) đã ghi nhận tổng cộng 847 loài thuộc 201 họ nằm trong diện cần được bảo vệ [6]. Con số này vừa phản ánh sự phong phú về ĐDSH của Việt Nam, vừa cho thấy nguy cơ suy giảm nghiêm trọng nếu thiếu các biện pháp bảo tồn kịp thời và hiệu quả. Trước thực trạng đó, Chính phủ cùng các tổ chức bảo tồn trong và ngoài nước đã và đang triển khai nhiều nỗ lực nhằm bảo vệ các loài trong chính môi trường sống tự nhiên của chúng. Những biện pháp này không chỉ góp phần duy trì sự ổn định của hệ sinh thái, mà còn đảm bảo gìn giữ nguồn tài nguyên sinh học quý giá cho các thế hệ mai sau.

Cùng với sự hỗ trợ từ cộng đồng quốc tế và các tổ chức phi chính phủ, Việt Nam đã ghi nhận nhiều bước tiến quan trọng trong công tác bảo tồn ĐDSH. Tuy nhiên, để duy trì và phát huy những thành tựu này, đòi hỏi phải có sự phối hợp chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý nhà nước, cộng đồng địa phương và các bên liên quan. Một trong những yếu tố then chốt hướng tới mục tiêu bảo tồn bền vững là nâng cao nhận thức của người dân về tầm quan trọng của ĐDSH, đồng thời thực thi nghiêm túc các chính sách và quy định hiện hành [106].

Trong bối cảnh BĐKH và áp lực phát triển kinh tế - xã hội ngày càng gia tăng, việc bảo vệ các loài nguy cấp và duy trì ĐDSH trở thành một nhiệm vụ cấp bách. Với những cam kết và nỗ lực không ngừng, Việt Nam đã nổi lên như một trong những quốc gia tiên phong trong khu vực Đông Nam Á về bảo tồn thiên nhiên, đặt nền tảng quan trọng cho phát triển bền vững và bảo vệ nguồn tài nguyên sinh học của đất nước.

Nghiên cứu và bảo tồn các loài thực vật nguy cấp, quý hiếm ở Việt Nam không chỉ là nhiệm vụ cấp bách trước tình trạng suy giảm ĐDSH toàn cầu, mà còn mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn sâu sắc đối với mục tiêu phát triển bền vững. Hệ thống chính sách và khung pháp lý về bảo tồn thiên nhiên, đặc biệt là việc hình thành mạng lưới rừng đặc dụng cùng các nghị định chuyên ngành đã tạo cơ sở quan trọng cho việc nhận diện, phân loại và bảo vệ nguồn gen quý. Đồng thời, Sách đỏ Việt Nam được xem như một tài liệu khoa học nền tảng, cung cấp cơ sở dữ liệu tin cậy phục vụ công tác điều tra, giám sát và hoạch định chiến lược bảo tồn. Để đảm bảo hiệu quả bảo tồn lâu dài, cần đẩy mạnh sự phối hợp liên ngành, mở rộng nghiên cứu chuyên sâu, và tăng cường ứng dụng các công cụ hiện đại như GIS, viễn thám, và sinh học phân tử. Vai trò của cộng đồng địa phương cần được đề cao như một yếu tố then chốt

trong việc bảo vệ và sử dụng bền vững tài nguyên thiên nhiên. Cùng với cách tiếp cận tích hợp, dựa trên cơ sở khoa học vững chắc và có sự đồng thuận xã hội, chúng ta mới có thể gìn giữ thành công các loài thực vật quý hiếm, những thành phần cốt lõi trong việc duy trì cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái, đồng thời góp phần bảo đảm sự phát triển bền vững của quốc gia.

1.2.2. Nghiên cứu đặc điểm hình thái và sinh thái của loài Xá xị và các loài khác trong chi Quế

*** Tên gọi, phân loại, hình thái:**

Ở Việt Nam, chi Quế (*Cinnamomum*) được ghi nhận có tính đa dạng loài khá cao. Theo Phạm Hoàng Hộ (1991), đã có 40 loài thuộc chi này được mô tả; đến năm 2003, số lượng được bổ sung thêm 3 loài, nâng tổng số lên 43 loài [107]. Trong khi đó, Nguyễn Kim Đào (1994) [108] thống kê được 42 loài; đến năm 2003 tác giả cập nhật thêm 2 loài và 1 thứ [109], nâng tổng số lên 44 loài và 1 thứ. Đến năm 2017, tác giả tiếp tục ghi nhận thêm 5 loài và 1 thứ mới, đưa tổng số thống kê lên 49 loài và 2 thứ, chiếm khoảng 16% tổng số loài chi Quế trên toàn cầu..

Nguyễn Văn Lý (2016) đã mô tả 22 loài chi Quế [110]. Theo đó, các loài trong chi có dạng cây bụi, gỗ nhỏ đến gỗ lớn, với thân thường ít phân cành ở đoạn gốc và bạnh gốc thấp hoặc không phát triển. Vỏ cây thường nhẵn hoặc nứt dọc, có màu nâu xám đến nâu đỏ nhạt, toàn thân chứa tinh dầu hoặc tỏa mùi thơm với mức độ khác nhau. Lá mọc cách, gần đối, hoặc vừa đối vừa cách, đôi khi sắp xếp theo dạng xoắn ốc; phiến lá đơn, nguyên, trên mặt lá có chấm hoặc tuyến chứa tinh dầu; thường mang ba gân chính, hiếm khi có dạng gân lông chim; không có lá kèm. Cụm hoa có thể ở dạng chùm, chùy hoặc gần giống tán. Hoa đa phần lưỡng tính (ít khi đơn tính), cấu trúc mẫu 3; bao hoa gồm sáu lá đài dính nhau ở phần gốc tạo thành ống, mặt ngoài thường có lông mịn. Bộ nhị gồm 9 nhị hữu thụ (hiếm khi 6), sắp xếp thành ba vòng; bao phấn thường bốn ô, đôi khi chỉ có hai. Bầu noãn thượng, không cuống, một ô, chứa noãn đảo; vòi nhụy mảnh. Quả thường có dạng cầu, trứng hoặc hình trụ, bên trong chứa một hạt; đế quả được bao bọc bởi các thùy của bao hoa tồn tại, dày lên, ôm quanh quả.

Hoàng Văn Sâm (2023) [19] chỉ ra Xá xị (*Cinnamomum parthenoxylon*) cây gỗ lớn. Vỏ thân ở cây trưởng thành có mùi thơm, phần gỗ cũng tỏa mùi thơm đậm. Ở cây non và cây tái sinh, vỏ ngoài nhẵn, màu xám trắng; phần thịt vỏ có màu hồng nhạt và tỏa hương thơm đặc trưng. Cành non màu xanh lục, bề mặt nhẵn. Lá thường

mọc cách, hình elip hoặc elip–trứng hẹp; ở cây non và cây tái sinh, lá có dạng thuôn dài, hai đầu nhọn dần, kích thước lớn hơn so với lá cây trưởng thành. Phiến lá có chiều dài từ 5–14 cm, rộng 3,8–9 cm, trung bình khoảng $9,3 \times 5,7$ cm. Đầu lá có mũi nhọn ngắn, gốc hình nêm đến nêm rộng; mép nguyên, cả hai mặt đều nhẵn; gân lá gồm 3–8 đôi gân bên, thường có tuyến ở kẽ gân. Cuống lá nhẵn, dài 1–3,5 cm (trung bình 2,2 cm). Mặt trên lá màu xanh lục, bóng; mặt dưới đôi khi phủ lớp phấn bạc hoặc xanh nhạt. Mùa hoa diễn ra từ tháng 5–7; quả hình thành vào tháng 7–9 và chín từ tháng 9–12.

*** Đặc điểm phân bố, sinh thái:**

Trần Hợp (2002) [111], đã ghi nhận thông tin cơ bản về đặc điểm phân bố và sinh thái của hơn 20 loài thuộc chi chi Quế, trong đó có loài Xá xị (*C. parthenoxylon*) cùng nhiều loài có giá trị kinh tế–sinh thái khác như Re gừng (*C. bejolghota*=*C. obtusifolium*), Long não (*C. camphora*), Quế (*C. cassia*), Vù hương (*C. balansae*),... Một số nghiên cứu sau đó đã xác định rõ hơn phạm vi phân bố tự nhiên của Xá xị tại Việt Nam, tập trung chủ yếu ở các tỉnh miền núi và trung du như Cao Bằng, Lạng Sơn, Bắc Kạn, Tuyên Quang, Thái Nguyên, Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Bắc Giang, Quảng Ninh, cũng như một số tỉnh miền Trung và Tây Nguyên gồm Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế, Đà Nẵng, Quảng Nam, Phú Yên, Kon Tum, Gia Lai, Lâm Đồng [6, 8, 9]. Xá xị là loài cây gỗ có giá trị kinh tế cao, được khai thác chủ yếu để chưng cất tinh dầu, ứng dụng trong sản xuất dược phẩm (thuốc xoa bóp, trị thấp khớp, đau nhức), công nghiệp hóa–mỹ phẩm và chế biến thực phẩm [9]. Tuy nhiên, chính giá trị thương mại lớn đã dẫn đến tình trạng khai thác quá mức, đẩy loài vào nguy cơ suy giảm nghiêm trọng trong tự nhiên [6, 7].

Lê Thị Diên và cs (2010) [15] đã nghiên cứu các lâm phần có sự hiện diện của loài Xá xị tại VQG Bạch Mã. Kết quả cho thấy, ở tầng cây cao, thành phần loài gỗ khá đa dạng, dao động từ 21 đến 39 loài. Tuy nhiên, Xá xị chỉ xuất hiện trong CTTT của 2/8 ô tiêu chuẩn, còn lại chủ yếu phân bố rải rác, đóng vai trò bổ sung vào việc gia tăng tính đa dạng loài trong lâm phần. Theo các tác giả, tình trạng khai thác quá mức trong quá khứ có thể là nguyên nhân chính dẫn đến sự suy giảm số lượng cá thể Xá xị trong tự nhiên. Khảo sát tái sinh cho thấy số lượng cây con Xá xị rất ít và phần lớn hình thành từ chồi tái sinh, thay vì hạt. Dù vậy, đa số các cây tái sinh có phẩm chất tốt, cho thấy tiềm năng phục hồi nếu được quản lý và bảo tồn thích hợp.

Trần Ngọc Hải và cs (2016) [112], đã tiến hành nghiên cứu một số đặc điểm lâm học của loài Vù hương (*C. balansae*) ở VQG Bến En. Kết quả cho thấy loài này phân bố chủ yếu ở núi đất và các dạng địa hình bằng phẳng, thường ở độ cao dưới 50 m so

với mực nước biển. Mật độ QT Vù hương khá thấp, chỉ đạt 8–11 cây/ha, phần lớn các cá thể có D1.3 dưới 30cm. Thành phần loài cây đi kèm chủ yếu là các loài tiên phong ưa sáng. Đáng chú ý, tại khu vực khảo sát không ghi nhận tái sinh tự nhiên của Vù hương, cho thấy nguy cơ suy giảm QT trong tương lai..

Phạm Hồng Ban và cs (2017) [113], đã ghi nhận 58 loài thuộc 11 chi của họ Lauraceae tại Khu BTTN Pù Hoạt (Nghệ An). Trong đó, các chi đa dạng nhất là *Litsea* (18 loài) và *Cinnamomum* (15 loài), phản ánh sự phong phú đáng kể của họ Long não tại khu vực này. Tương tự, Vũ Anh Tài và Nguyễn Nghĩa Thìn (2014) [114] đã xác định các loài thực vật có giá trị bảo tồn ở tỉnh Hà Giang, trong đó họ Lauraceae có 5 loài được xếp hạng nguy cấp: Re hương (*C.parthenoxylon*) và Vù hương (*C.balansae*) (VU); Re Cam Bốt (*C.cambodianum*) và Re trắng quả to (*Phoebemacrocarpa*) (VU); trong khi Vù (*Endiandra hainanensis*) (EN).

Ngoài ra, Hoàng Văn Sâm (2023) [19] đã tập trung nghiên cứu phân bố, nhân giống, lựa chọn cây trội và gây trồng các loài thuộc họ Long não ở khu vực các tỉnh phía Bắc Việt Nam. Tác giả đã đề xuất các biện pháp bảo tồn, xây dựng rừng giống và vườn giống, qua đó tạo nền tảng khoa học cho các chương trình gây trồng, phục hồi và bảo tồn nguồn gen quý của các loài cây trong họ Lauraceae.

*** Giá trị sử dụng và tình trạng bảo tồn**

Các loài thuộc chi Quế có sự đa dạng đáng kể về giá trị sử dụng, từ cung cấp gỗ, dược liệu, dầu béo cho đến tinh dầu. Trong đó, tinh dầu là sản phẩm được đặc biệt quan tâm nhờ thành phần hóa học đa dạng và tiềm năng ứng dụng rộng rãi [10, 115, 116]. Đối với loài Xá xị (*C. parthenoxylon*), nghiên cứu đã chỉ ra rằng thành phần chủ yếu trong tinh dầu chiết xuất từ gỗ là Safrole, chiếm tới 90,3%. Đáng chú ý, tinh dầu từ gỗ rễ có hàm lượng Safrole vượt quá 90%, trong khi hàm lượng tinh dầu tổng số dao động từ 3,20–3,56%. Ngược lại, ở tinh dầu chiết xuất từ vỏ, đặc biệt là vỏ thân và lá, methyleugenol chiếm ưu thế, với tỷ lệ từ 97–98%. Về mặt tích lũy tinh dầu, Safrole chủ yếu ở phần gỗ, đặc biệt là gỗ rễ, ở phần vỏ ít hơn và giảm dần từ vỏ rễ đến vỏ thân và thấp nhất ở lá. Ngược lại, methyleugenol có nhiều ở phần vỏ, tăng dần từ vỏ rễ đến vỏ thân và cao nhất ở lá [117-120]. Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, thành phần tinh dầu của Xá xị biến đổi tùy theo bộ phận thu mẫu, thậm chí có sự khác biệt đáng kể giữa các cá thể trong cùng một QT, phản ánh đặc điểm sinh thái – di truyền phức tạp của loài.

Gần đây, Hoàng Văn Sâm (2023) [19] đã làm sáng tỏ thành phần tinh dầu từ các bộ phận khác nhau của Xá xị (*Cinnamomum parthenoxylon*), trong đó: lá chứa β -Caryophyllene (47,01%), Humulene (14,46%) và Caryophyllene oxide (12,65%);

cành chứa β -Caryophyllene (12,10%) và Myrcene (10,61%); vỏ thân chứa Cadinene (18,68%) và Muurolene (8%). Nghiên cứu đồng thời chứng minh tinh dầu Xá xị có hoạt tính kháng khuẩn với nhiều chủng VSV gây bệnh và nấm mốc như *E.coli*, *S.typhimurium*, *Shigella* sp., *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *B.licheniformis*, *B.megaterium*, *Aspergillus niger* và *Trichoderma* spp.

Xá xị là loài cây gỗ quý hiếm, có khả năng tái sinh tự nhiên yếu nhưng lại bị khai thác quá mức trong thời gian dài, dẫn đến suy giảm nghiêm trọng số lượng cá thể trong tự nhiên. Hiện nay, loài chỉ còn được ghi nhận rải rác với số lượng cây trưởng thành rất ít, phân bố bị chia cắt. Do đó, Xá xị đã được xếp vào nhóm IIA theo Nghị định 84/2021/NĐ-CP[7] và được liệt kê trong Sách đỏ Việt Nam (2024) với mức phân hạng Cực kỳ nguy cấp (CR A1a,c,d) [6].

Chi Quế bao gồm những loài có giá trị sinh thái, kinh tế và dược liệu quan trọng, phân bố rộng rãi ở nhiều vùng STLN Việt Nam. Trong số đó, Xá xị (*C. parthenoxylon*) được xem là đại diện tiêu biểu, dễ nhận diện nhờ đặc điểm hình thái đặc trưng, sinh trưởng chủ yếu trong rừng nhiệt đới ẩm và nổi bật bởi thành phần tinh dầu có giá trị. Nhiều nghiên cứu gần đây đã cung cấp dữ liệu phong phú về phân loại, hình thái, lâm học, sinh thái học, cũng như khả năng tái sinh và tiềm năng ứng dụng của loài này. Các loài khác trong chi Quế cũng thể hiện sự đa dạng đáng kể về hình thái, sinh cảnh và công dụng, góp phần duy trì sự ổn định của HST rừng, đồng thời mang lại lợi ích kinh tế cho cộng đồng địa phương. Tuy nhiên, việc khai thác quá mức, tái sinh tự nhiên hạn chế và phân bố bị chia cắt mạnh đã khiến nhiều loài trong chi, đặc biệt là Xá xị, rơi vào tình trạng suy giảm nghiêm trọng và đứng trước nguy cơ tuyệt chủng. Những bằng chứng khoa học về sinh thái và đặc điểm lâm học của chi Quế nói chung và loài Xá xị nói riêng là cơ sở quan trọng để đề xuất các chiến lược bảo tồn, gây trồng phục hồi và chọn lọc giống phục vụ phát triển rừng bền vững. Tổng quan các nghiên cứu cho thấy nhu cầu cấp thiết phải nghiên cứu chuyên sâu, đồng thời triển khai giải pháp bảo tồn tổng hợp, kết hợp in situ và ex situ, qua đó góp phần duy trì tính ĐDSH và hướng tới quản lý, sử dụng bền vững nguồn tài nguyên rừng Việt Nam.

1.2.3. Nghiên cứu mức độ đa dạng di truyền quần thể và loài Xá xị và các loài khác trong chi Quế

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về chi Quế trong họ Long não (Lauraceae) đến nay chủ yếu tập trung vào phân loại, hình thái và điều tra khu hệ thực vật. Công trình tiêu biểu của Nguyễn Kim Đào (2017) đã hệ thống hóa dữ liệu phân loại của họ Long não và công bố trong tập Thực vật chí Việt Nam, tập 20 [10]. Song song với đó, dựa trên các đánh giá về hiện trạng phân bố và nguy cơ suy giảm ĐDSH, nhiều

tác giả đã xây dựng danh mục các loài thực vật nguy cấp ở Việt Nam [12]. Trong những năm gần đây, các nghiên cứu bắt đầu áp dụng cách tiếp cận sinh học phân tử để phân tích ĐDDT ở cấp độ loài và QT, đặc biệt đối với các loài thực vật nguy cấp [121-127]. Các kết quả làm rõ sự suy giảm ĐDDT có liên quan chặt chẽ đến quy mô QT nhỏ, số lượng QT hạn chế và mức độ cô lập cao, những yếu tố có thể dẫn đến suy thoái di truyền và nguy cơ tuyệt chủng cục bộ. Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu về ĐDDT quần thể tự nhiên ở chi Quế vẫn còn hạn chế, đặc biệt đối với loài Xá xị (*C. parthenoxylon*), một loài có giá trị sinh thái, dược liệu, đồng thời đang bị đe dọa nghiêm trọng. Một số nghiên cứu gần đây đã bước đầu ứng dụng công nghệ sinh học phân tử vào việc nhận diện và đánh giá ĐDDT của loài này. Tiêu biểu, Hoàng Văn Sâm (2023) và Hà Bích Hồng cùng cs (2021) đã xây dựng thành công ba trình tự ADN mã vạch (matK, rbcL và trnH-psbA) để giám định loài Xá xị tại 5 tỉnh (Thanh Hóa, Hòa Bình, Quảng Ninh, Phú Thọ và Vĩnh Phúc) [17, 19]. Kết quả cho thấy hai vùng gen matK và rbcL có khả năng giám định đạt độ chính xác 100%. Ngoài ra, phân tích dữ liệu cũng chỉ ra mức đa dạng haplotype tương đối cao ($H_d = 0,804$), phản ánh sự tồn tại của nhiều dòng di truyền trong tự nhiên; tuy nhiên, mức đa dạng nucleotide lại khá thấp ($P_i = 0,00912$), cho thấy mức độ biến dị ở cấp độ phân tử của loài là thấp. Những kết quả này khẳng định tiềm năng cũng như tính cấp thiết của việc mở rộng nghiên cứu ĐDDT trong chi Quế, đặc biệt loài Xá xị. Trong tương lai, phát triển và ứng dụng chỉ thị phân tử có độ phân giải cao hơn như vi vệ tinh (SSR) hay dữ liệu toàn hệ gen sẽ là hướng đi cần thiết để làm rõ CTDT, MQH giữa các QT, đồng thời đề xuất các chiến lược bảo tồn phù hợp trong bối cảnh BĐKH và áp lực khai thác ngày càng gia tăng.

Một trong những nghiên cứu tiên phong trong việc ứng dụng kỹ thuật sinh học phân tử để đánh giá đa dạng di truyền (ĐDDT) trong họ Long não tại Việt Nam là công trình của Hà Văn Huân (2015). Tác giả đã sử dụng RAPD-PCR để phân tích MQH di truyền và mức độ ĐDDT của quần thể Long não (*C. camphora*) được gây trồng tại rừng thực nghiệm thuộc Trường DHLN [128]. Kết quả chỉ ra rằng QT Long não tại đây có mức độ ĐDDT tương đối cao, với sự xuất hiện của nhiều kiểu băng đặc trưng, phản ánh sự tồn tại của các dòng gen khác biệt trong nội bộ QT. Điều này cho thấy nguồn giống được trồng có xuất xứ từ nhiều nguồn vật liệu di truyền khác nhau, đồng thời nhấn mạnh tiềm năng thích ứng và giá trị di truyền phong phú của loài trong điều kiện bán tự nhiên. Những dữ liệu thu được không chỉ tạo cơ sở cho các chương trình chọn lọc, nhân giống và phục tráng giống Long não nhằm phục vụ trồng rừng kinh tế và bảo tồn ex-situ, mà còn khẳng định vai trò quan trọng của việc bảo tồn và quản lý nguồn gen tại các cơ sở thực nghiệm – nơi có thể đóng vai trò

như những ngân hàng gene sống (living gene banks) trong bối cảnh QT tự nhiên của loài ngày càng suy giảm bởi áp lực khai thác quá mức và biến đổi khí hậu. Nghiên cứu này đồng thời mở ra triển vọng ứng dụng các công cụ phân tử hiện đại hơn như SSR, AFLP hoặc giải trình tự gen thế hệ mới (NGS) trong tương lai, nhằm cung cấp dữ liệu chính xác và chi tiết hơn về cấu trúc di truyền. Đây sẽ là CSKH quan trọng để định hướng các chiến lược bảo tồn và phát triển bền vững đối với chi Quế tại Việt Nam.

Tại khu vực Đông Nam Bộ, Hà Thị Phúc và cs (2015) đã tiến hành phân tích di truyền loài Quế (*C. cassia*) bằng kỹ thuật RAPD nhằm đánh giá ĐDDT và khả năng phân biệt giữa các giống được trồng phổ biến tại tỉnh Đồng Nai [129]. Nghiên cứu bước đầu đã phát hiện hai băng đa hình có khả năng phân biệt, gợi ý sự tồn tại của một số biến dị di truyền trong QT khảo sát. Tuy nhiên, nghiên cứu mới dừng lại ở mức mô tả hiện tượng, chưa tiến hành phân tích định lượng chi tiết về mức độ tương đồng hoặc khác biệt di truyền giữa các giống. Điều này khiến việc xác định rõ ràng cấu trúc di truyền và mức độ phân hóa QT vẫn còn hạn chế. Mặc dù còn mang tính thăm dò, công trình này đã góp phần khẳng định tiềm năng ứng dụng các chỉ thị phân tử trong phát hiện đa hình di truyền ở các loài thuộc chi Quế, một nhóm thực vật có giá trị kinh tế và dược liệu quan trọng tại Việt Nam. Đồng thời, nghiên cứu cũng đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc xây dựng các bộ chỉ thị di truyền chuyên biệt (như SSRs, SNPs) kết hợp với việc mở rộng phạm vi lấy mẫu trên nhiều vùng sinh thái, nhằm có được đánh giá toàn diện hơn về ĐDDT và MQH di truyền giữa các giống Quế. Những thông tin này sẽ đóng vai trò nền tảng cho việc lựa chọn nguồn gen ưu tú, phục vụ các chương trình nhân giống, cải thiện giống cũng như định hướng chiến lược bảo tồn tài nguyên di truyền *C. cassia* trong bối cảnh BĐKH và áp lực khai thác ngày càng gia tăng.

Một nghiên cứu quan trọng về tính ĐDDT của loài Vù hương (*Cinnamomum balansae*) tại khu vực miền Bắc Việt Nam chỉ ra những minh chứng về mức độ ĐDDT cao trong các QT tự nhiên [130]. Hiện tượng sinh sản cận loài hoặc tự thụ phấn, vốn thường dẫn đến suy thoái di truyền, hầu như không xảy ra, hoặc xảy ra ở tần suất rất thấp ở các QT khảo sát. Điều này phản ánh sự tồn tại của quá trình trao đổi gen hiệu quả giữa các cá thể, qua đó duy trì tỷ lệ dị hợp tử cao và đảm bảo sự ổn định di truyền lâu dài cho loài. Việc duy trì mức ĐDDT cao không chỉ là bằng chứng cho thấy *C. balansae* đang ở trạng thái di truyền lành mạnh, mà còn tạo nền tảng sinh học quan trọng giúp loài thích nghi tốt hơn với biến động môi trường và BĐKH. Từ góc độ bảo tồn, những kết quả này mang ý nghĩa thiết thực khi được đối chiếu với các loài thuộc chi Quế, đặc biệt là loài Xá xị (*C. parthenoxylon*), một loài quý hiếm, phân bố hẹp và đang đối mặt với nguy cơ suy giảm mạnh QT. Sự so sánh

CTDT giữa *C. balansae* và *C. parthenoxylon* không chỉ góp phần làm sáng tỏ MQH tiến hóa trong nội bộ chi Quế, mà còn mở ra hướng tiếp cận mới trong việc xây dựng chiến lược bảo tồn dựa trên cơ sở di truyền. Những đặc điểm di truyền tích cực được ghi nhận ở *C. balansae* có thể đóng vai trò như một khuôn mẫu tham chiếu quan trọng, hỗ trợ đánh giá mức độ suy thoái di truyền ở Xá xị, từ đó đề xuất các giải pháp bảo tồn phù hợp nhằm phục hồi và duy trì tính bền vững của QT trong tự nhiên.

Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu và đánh giá toàn diện tính ĐDDT không chỉ mang ý nghĩa học thuật mà còn giữ vai trò nền tảng trong xây dựng các chiến lược bảo tồn hiệu quả. Đối với loài Xá xị (*C. parthenoxylon*), một loài cây gỗ quý hiếm thuộc họ Lauraceae, phát triển chỉ thị phân tử vi vệ tinh (Simple Sequence Repeats – SSR) là một hướng tiếp cận hiện đại, cho phép phân tích chi tiết mức độ ĐDDT cũng như cấu trúc di truyền trong và giữa các QT. Với những ưu điểm nổi bật như tính đa hình cao, khả năng đồng trội và phân bố rộng khắp trong hệ gen, SSR được xem là công cụ lý tưởng để xác định mức độ dị hợp tử, theo dõi dòng gen và xác định mức độ phân mảnh QT [131]. Việc xây dựng bộ chỉ thị SSR đặc hiệu cho loài Xá xị sẽ mở ra cơ hội nhận diện chính xác các QT có giá trị bảo tồn ưu tiên, phát hiện các đơn vị bảo tồn tiến hóa (Evolutionarily Significant Units–ESUs), đồng thời cung cấp bằng chứng di truyền đáng tin cậy phục vụ các chương trình nhân giống, phục hồi trong điều kiện bán tự nhiên hoặc chuyển vị. Bên cạnh đó, dữ liệu di truyền thu được từ các phân tích SSR còn giúp đánh giá mức độ liên kết giữa các QT, xác định các khu vực trọng điểm cần bảo vệ, cũng như dự báo nguy cơ suy giảm ĐDDT dưới tác động của BĐKH và khai thác không bền vững. Như vậy, việc ứng dụng SSR không chỉ góp phần bảo tồn nguồn gen quý hiếm của loài Xá xị, mà còn mang ý nghĩa chiến lược trong định hướng các hoạt động phục hồi và phát triển bền vững hệ sinh thái rừng tại Việt Nam [132].

Nghiên cứu ĐDDT trong chi Quế, đặc biệt đối với loài Xá xị (*C. parthenoxylon*), có vai trò quan trọng trong bảo tồn và khai thác bền vững các loài thực vật quý hiếm ở Việt Nam. Những kết quả hiện có mới chỉ cung cấp những thông tin ban đầu về mức độ ĐDDT ở một số loài như Xá xị, Vù hương và Long não, song số lượng công trình chuyên sâu vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, các nghiên cứu ứng dụng công nghệ sinh học phân tử hiện đại, điển hình là chỉ thị SSR, để phân tích cấu trúc di truyền và mối liên kết giữa các QT tự nhiên hầu như chưa được triển khai rộng rãi. Trong bối cảnh nhiều loài thuộc chi Quế đang đứng trước nguy cơ suy giảm mạnh do khai thác quá mức, thu hẹp sinh cảnh và quy mô QT nhỏ, việc hiểu rõ đặc điểm di truyền và khả năng thích nghi trở thành điều kiện tiên quyết để xây dựng chiến lược bảo tồn hiệu quả [132]. Việc phát triển và áp dụng các chỉ thị phân tử

phù hợp không chỉ giúp làm sáng tỏ cấu trúc di truyền và xác định các QT ưu tiên bảo tồn, mà còn hỗ trợ phục hồi nguồn gen và quản lý tài nguyên di truyền trong tương lai. Đây là hướng nghiên cứu cấp thiết cho loài Xá xị, đồng thời có ý nghĩa chiến lược trong bảo tồn ĐDSH thực vật tại Việt Nam.

1.2.4. Nghiên cứu mô hình phân bố loài phục vụ bảo tồn loài

Để có cái nhìn toàn diện về sự phát triển và ứng dụng của các SDM, nhiều nghiên cứu tiêu biểu trên cả động vật và thực vật đã được thực hiện, qua đó chỉ ra khoảng trống ứng dụng đối với nhóm thực vật ở Việt Nam trong những năm gần đây. Các kỹ thuật mô hình đã trở thành công cụ phổ biến trong sinh thái học nhờ ưu thế trong việc dự báo vùng phân bố tiềm năng của các loài có giá trị bảo tồn. Điển hình, nghiên cứu của Lê Xuân Cảnh và cs. (2009) đã sử dụng dữ liệu ghi nhận hiện diện của Sao La kết hợp với số liệu sinh khí hậu và bản đồ thảm thực vật rừng để xây dựng mô hình phân bố tiềm năng của loài [133]. Kết quả không chỉ làm rõ các điểm nóng phân bố của Sao La mà còn xác định được các khu vực ưu tiên bảo tồn, trong đó Quảng Trị và Thừa Thiên Huế được đánh giá là hai tỉnh có điều kiện sinh cảnh phù hợp nhất.

Một nghiên cứu đã tiến hành đánh giá sự khác biệt về đặc tính sinh thái giữa các QT thần lằn cá sấu tại hai vùng sinh thái khác nhau (Việt Nam và Trung Quốc) dựa trên các điểm phân bố tự nhiên [134]. Kết quả cho thấy phạm vi phân bố của hai QT gần như không trùng lặp, đồng thời tồn tại một khoảng cách không gian đáng kể ngăn cách chúng. Trên cơ sở kết quả mô hình, các tác giả đã đề xuất việc công nhận QT tại Việt Nam như một phân loài mới. SDM trong trường hợp này đã chứng minh tính hiệu quả trong việc xác định ranh giới không gian rõ rệt giữa các QT, qua đó làm sáng tỏ vai trò của các yếu tố cách ly địa lý và môi trường. Bằng khả năng tích hợp các biến sinh thái và khí hậu, mô hình không chỉ dự báo chính xác vùng sinh cảnh thích hợp mà còn cung cấp cơ sở định lượng quan trọng cho việc phân tích sự tách biệt tiến hóa. Khi kết hợp với dữ liệu hình thái và di truyền, công cụ này trở thành minh chứng khoa học đáng tin cậy, hỗ trợ xác lập phân loại dưới loài và đóng góp thiết thực cho công tác nghiên cứu cũng như bảo tồn ĐDSH.

Ứng dụng SDM đã được triển khai trong nghiên cứu đánh giá sinh cảnh tiềm năng của loài Thạch sùng mí Cát Bà tại khu vực tỉnh Quảng Ninh. Kết quả cho thấy loài này hiện diện trên hầu hết các đảo thuộc vịnh Hạ Long, đảo Cát Bà, cũng như tại nhiều khu vực ven biển của tỉnh Quảng Ninh [135]. Nghiên cứu đồng thời phân tích tác động của các yếu tố hoàn cảnh như quá trình xói mòn, mực nước biển dâng và sự biến động địa hình, qua đó chỉ ra vai trò của chúng trong việc kết nối hoặc chia cắt

các đảo với đất liền, ảnh hưởng trực tiếp đến phạm vi phân bố tự nhiên của loài. Bên cạnh đó, các công trình ứng dụng mô hình để làm rõ đặc điểm phân bố và sinh thái của các loài linh trưởng nguy cấp như Chà vá chân đen [136, 137], Chà vá chân nâu [138] cũng đã góp phần quan trọng trong việc mở rộng hướng nghiên cứu này tại Việt Nam. Những kết quả trên không chỉ củng cố tính hữu dụng của SDM trong nghiên cứu sinh thái và bảo tồn, mà còn tạo tiền đề cho việc áp dụng vào các loài thực vật nguy cấp, đặc biệt là các loài trong chi Quế.

So với các nghiên cứu trên động vật, số lượng công trình ứng dụng SDM cho thực vật ở Việt Nam còn khá hạn chế. Một số nghiên cứu tiêu biểu có thể kể đến như: mô hình phân bố của loài Trinh nữ móc (*Mimosa diplotricha*) nhằm xác định mức độ xâm lấn và đánh giá khả năng sử dụng sinh khối để nuôi trồng nấm [139] hay nghiên cứu về phân bố tiềm năng của loài Vù hương [140]. Đặc biệt, trong nghiên cứu về cây Bách vàng (*Golden cypress*), các tác giả đã xác định được những biến số môi trường chủ chốt ảnh hưởng mạnh đến phạm vi phân bố của loài, đồng thời đánh giá BĐKH tới sự thay đổi sinh cảnh. Các yếu tố quan trọng bao gồm khí hậu, địa hình, thổ nhưỡng, lượng mưa trong giai đoạn ẩm nhất, độ cao, cũng như khoảng cách đến các dãy núi đá vôi – tất cả đều góp phần nâng cao độ chính xác và tính thực tiễn của mô hình [141]. Ngoài ra, việc kết hợp dữ liệu phân bố từ cơ sở dữ liệu toàn cầu (GBIF) với kết quả khảo sát thực địa tại địa phương đã được nhiều nghiên cứu khai thác để xây dựng bản đồ phân bố tiềm năng trên quy mô rộng, thậm chí liên quốc gia, qua đó làm sáng tỏ xu hướng dịch chuyển sinh cảnh của các loài dưới tác động của NĐKH và thay đổi sử dụng đất [142].

SDM hiện được xem là một công cụ hiệu quả và ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu bảo tồn ĐDSH. Ở Việt Nam, một số công trình đã bước đầu chứng minh vai trò của phương pháp này trong việc dự báo vùng phân bố tiềm năng và xác định sinh cảnh phù hợp cho các loài động vật đặc hữu, quý hiếm như Sao La, Thạch sùng mí Cát Bà, Chà vá chân nâu hay thằn lằn cá sấu. Các kết quả này không chỉ đóng góp cho công tác quy hoạch bảo tồn mà còn cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho nghiên cứu phân loại tiến hóa và nhận diện các đơn vị bảo tồn ưu tiên. Tuy nhiên, so với động vật, nghiên cứu ứng dụng SDM đối với thực vật ở Việt Nam vẫn còn hạn chế và phân tán. Một số nghiên cứu tiêu biểu như với Trinh nữ móc, Vù hương hay Bách vàng đã bước đầu chứng minh tiềm năng của phương pháp trong việc xác định phạm vi phân bố, nhận diện các yếu tố môi trường chi phối và đánh giá BĐKH lên sự thay đổi phân bố loài. Việc kết hợp dữ liệu thực địa với các nguồn dữ liệu mở như GBIF [142], cùng với việc tích hợp các biến môi trường đa dạng (khí hậu, địa hình, thổ nhưỡng), được xem là giải pháp hữu hiệu để nâng cao độ chính xác

và tính ứng dụng của mô hình. Trong bối cảnh BĐKH và suy giảm sinh cảnh diễn biến ngày càng phức tạp, mở rộng nghiên cứu và ứng dụng mô hình trong bảo tồn thực vật, đặc biệt đối với các loài nguy cấp, là một định hướng cấp thiết, có ý nghĩa chiến lược trong bảo tồn ĐDSH tại Việt Nam.

1.3. ĐÁNH GIÁ CHUNG

Tổng quan các tài liệu trong và ngoài nước cho thấy xu hướng nổi bật trong bảo tồn thực vật quý hiếm hiện nay là cách tiếp cận liên ngành, kết hợp giữa đánh giá ĐDDT, sinh thái học, CNSH và công nghệ địa không gian. Trên thế giới, các phương pháp hiện đại như phân tích gen bằng chỉ thị phân tử (SSR, AFLP, SNP), kỹ thuật DNA mã vạch, cùng với mô hình hóa phân bố loài dựa trên dữ liệu môi trường đã được áp dụng rộng rãi nhằm đánh giá tính ĐDDT, phân tích cấu trúc QT và xác định vùng sinh cảnh tiềm năng cho công tác bảo tồn. Bên cạnh đó, các công nghệ nuôi cấy mô, nhân giống in vitro và lưu trữ nguồn gen ex situ cũng đã chứng minh vai trò quan trọng trong phục hồi các loài đang bị đe dọa.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về thực vật nguy cấp và quý hiếm chủ yếu tập trung vào khảo sát thực địa, mô tả hình thái, đánh giá phân bố và phát triển quy trình nhân giống truyền thống. Tuy nhiên, đối với loài Xá xị (*C. parthenoxylon*), một loài gỗ quý hiếm đang đứng trước nguy cơ tuyệt chủng cực kỳ nghiêm trọng vẫn tồn tại những khía cạnh chưa được nghiên cứu đầy đủ, cần được ưu tiên giải quyết:

- Chưa có đánh giá tổng thể, cập nhật hiện trạng QT một cách toàn diện: Các nghiên cứu hiện có chủ yếu dừng ở mức phân loại, phân bố và đánh giá tài nguyên, còn thiếu phân tích chuyên sâu về sinh học và sinh thái học của loài trên nhiều vùng sinh thái lâm nghiệp khác nhau.

- Ứng dụng SDM cho thực vật còn hạn chế: Trong khi SDM) đã chứng minh hiệu quả cao đối với động vật tại Việt Nam, thì nghiên cứu trên thực vật nói chung và chi Quế nói riêng vẫn còn ít, chưa có dự báo toàn diện về biến động vùng sinh thái thích hợp trong bối cảnh BĐKH.

- Nghiên cứu ĐDDT cấp QT còn khiêm tốn: Các công trình hiện nay mới chỉ cung cấp thông tin bước đầu, chưa áp dụng rộng rãi các công cụ phân tử hiện đại (như SSR) để làm rõ cấu trúc di truyền và mối liên kết giữa các QT tự nhiên của loài Xá xị.

- Thiếu sự tích hợp liên ngành trong đề xuất giải pháp bảo tồn: Các nghiên cứu chưa kết nối một cách hệ thống dữ liệu di truyền, sinh thái và không gian để xây dựng các chiến lược bảo tồn tổng hợp, xác định các khu vực ưu tiên, và đưa ra các định hướng phục hồi cũng như phát triển bền vững loài.

- Số lượng các nghiên cứu đi sâu vào phân tích ĐDDT ở cấp độ QT tự nhiên đối với các loài trong chi Quế, đặc biệt là Xá xị, còn hạn chế, chưa có sự phát triển và ứng dụng bộ chỉ thị phân tử hiện đại như SSR để đánh giá cấu trúc và mối liên kết di truyền giữa các QT một cách chi tiết.

- Thiếu tích hợp liên ngành để đề xuất giải pháp bảo tồn khoa học: Các nghiên cứu trước đây chưa tích hợp một cách có hệ thống giữa dữ liệu sinh thái, dữ liệu di truyền và mô hình không gian để đưa ra các giải pháp bảo tồn nguồn gen Xá xị một cách khoa học, định hướng không gian ưu tiên bảo tồn và phát triển bền vững

Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Xá xị (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn.) hay còn gọi là Re hương thuộc chi Quế (*Cinnamomum*) là một loài cây gỗ thường xanh thuộc họ Long não (Lauraceae), phân bố ở các vùng STLN nước ta như vùng Đông Bắc (tỉnh Cao Bằng, tỉnh Lạng Sơn, tỉnh Bắc Kạn, tỉnh Tuyên Quang, tỉnh Thái Nguyên, tỉnh Phú Thọ, tỉnh Vĩnh Phúc, tỉnh Bắc Giang và tỉnh Quảng Ninh), vùng Bắc Trung Bộ (tỉnh Quảng Bình, tỉnh Quảng Trị và tỉnh Thừa thiên Huế), vùng Nam Trung Bộ (tỉnh Đà Nẵng, tỉnh Phú Yên và tỉnh Quảng Nam) và Tây Nguyên (tỉnh Kon Tum, tỉnh Gia Lai và tỉnh Lâm Đồng) [6, 8, 9].

Do những giá trị loài mang lại là lớn, nhiều QT tự nhiên của loài này đang bị đe dọa vì khai thác cạn kiệt và nạn phá rừng bừa bãi trong nhiều thập kỷ qua. Bên cạnh đó, sự phát triển các khu dân cư và các dự án an sinh xã hội đã chia cắt và làm suy giảm HST, môi trường sống, ảnh hưởng đến sự tồn tại của loài này là nguyên nhân chính khiến cho các QT của loài bị suy thoái nghiêm trọng, phân cắt mạnh, trong khi số lượng cá thể còn lại của loài này rất ít và phần lớn chỉ gặp cây tái sinh bằng chồi trên gốc cây mẹ bị chặt phá [15, 114].

Giá trị sử dụng: Loài Xá xị có giá trị cao với gỗ dùng trong xây dựng và làm đồ nội thất, ít nứt nẻ, không bị mối mọt, chịu nước. Lá cây dùng làm thuốc cầm máu, hỗ trợ điều trị đau dạ dày, mẩn ngứa, và phong thấp, quả của Xá xị chữa một số bệnh như (cảm, sốt, ho gà), ngoài ra khai thác tinh dầu sử dụng trong mỹ phẩm, thực phẩm và dược phẩm, có giá trị kinh tế.

Đánh giá giá trị bảo tồn: Hạng cực kỳ nguy cấp (CR A2acd) [6] liên quan đến sự suy giảm kích cỡ QT, hạn chế về phân bố địa lý; thực tế cho thấy số lượng cá thể và số lượng QT rất thấp. Đặc biệt, loài Xá xị thuộc nhóm IIA trong phụ lục của Nghị định 84/2021/NĐ-CP [7].

2.2. ĐỊA ĐIỂM NGHIÊN CỨU

Địa điểm gồm 9 quần thể thuộc 5 vùng STLN: Hòa Bình (HB) thuộc Vùng STLN **Tây Bắc**; Vĩnh Phúc (VP), Phú Thọ (PT), Quảng Ninh (QN) thuộc vùng **Đông Bắc**; Thanh Hóa (TH) thuộc vùng STLN **Bắc Trung Bộ**; Phú Yên (PY) và Quảng Nam (QNm) thuộc vùng STLN **Nam Trung Bộ**; Gia Lai (GL) và Lâm Đồng (LD) thuộc vùng **Tây Nguyên**. Phân vùng STLN dựa trên các tiêu chí đặc trưng về khí hậu, địa hình - địa mạo, thổ nhưỡng và kiểu thảm thực vật, phù hợp với các tiêu chí cũng được lựa chọn để xây dựng SDM. Hơn nữa, việc nghiên cứu theo các vùng STLN

cũng phù hợp với Quy hoạch bảo tồn ĐDSH Quốc gia (theo Quyết định 1352/QĐ-TTg năm 2024 của Thủ tướng Chính phủ).

Dựa theo các tiêu chí phân vùng và tiểu vùng STLN của Vũ Tuấn Phương và cs (2012) [143], địa điểm nghiên cứu được thiết lập bao gồm 8 kiểu thảm thực vật (Bảng 2.1; Hình 2.2, 2.3), với các đặc trưng gồm:



Hình 2.1. Cây tái sinh có nguồn gốc từ chồi của loài Xá xị tại Thanh Hoá



Hình 2.2. Hình ảnh điều tra loài Xá xị tại Lâm Đồng

+ **Hòa Bình** (ký hiệu là HB): thuộc Vùng STLN Tây Bắc, TV STLN Gò đồi Hoà Bình - Ninh Bình, *Mã TV STLN: TV6*;

+ **Vĩnh Phúc và Phú Thọ**: (ký hiệu là VP và PT): thuộc Vùng STLN Đông Bắc, TV STLN Trung du Phú Thọ - Vĩnh Phúc - Thái Nguyên - Bắc Giang, *Mã TV STLN: TV12*;

+ **Quảng Ninh** (ký hiệu là QN): thuộc vùng STLN Đông Bắc, TV STLN Đồi núi thấp Cao Bằng - Lạng Sơn - Quảng Ninh, *Mã TV STLN: TV14*;

+ **Thanh Hóa** (ký hiệu là TH): thuộc vùng STLN Bắc Trung Bộ, TV STLN Vùng núi tây Thanh - Nghệ - Tĩnh, *Mã TV STLN: TV20*;

+ **Phú Yên** (ký hiệu là PY): thuộc vùng STLN Duyên hải Nam Trung Bộ, TV STLN Gò đồi Nam Trung Bộ, *Mã TV STLN: TV26*;

+ **Quảng Nam** (ký hiệu là QNm): thuộc vùng STLN Duyên hải Nam Trung Bộ, TV STLN vùng núi tây Quảng Nam - Quảng Ngãi, *Mã TV STLN: TV25*;

+ **Gia Lai** (ký hiệu là GL): thuộc vùng STLN Tây Nguyên, TV STLN Khối núi Ngọc Linh, *Mã TV STLN: TV30*;

+ **Lâm Đồng** (ký hiệu là LD): thuộc vùng STLN Tây Nguyên, TV STLN Cao nguyên Di Linh Bảo Lộc, *Mã TV STLN: TV39*.

Bảng 2.1. Địa điểm nghiên cứu và các đặc trưng của thảm thực vật theo khí hậu - thổ nhưỡng

Vùng STLN	Tiểu vùng (TV) [143]	Địa điểm nghiên cứu	Đặc trưng của thảm thực vật rừng [143]	
Tây Bắc	TV6 (Gò đồi Hoà Bình – Ninh Bình)	HB	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình 22-24°C, lượng mưa trung bình năm 1600-2200mm.
			Địa hình, địa mạo	Địa hình gò đồi thấp xen karst đá vôi, chia cắt mạnh, thung lũng hẹp, địa mạo đa dạng.
			Nhóm đất	Acrisols: Đất chua, có tầng sét tích tụ, thường thấy ở vùng nhiệt đới ẩm; Ferralsols: Đất feralit, giàu oxit sắt và nhôm, đặc trưng cho vùng nhiệt đới nóng ẩm;

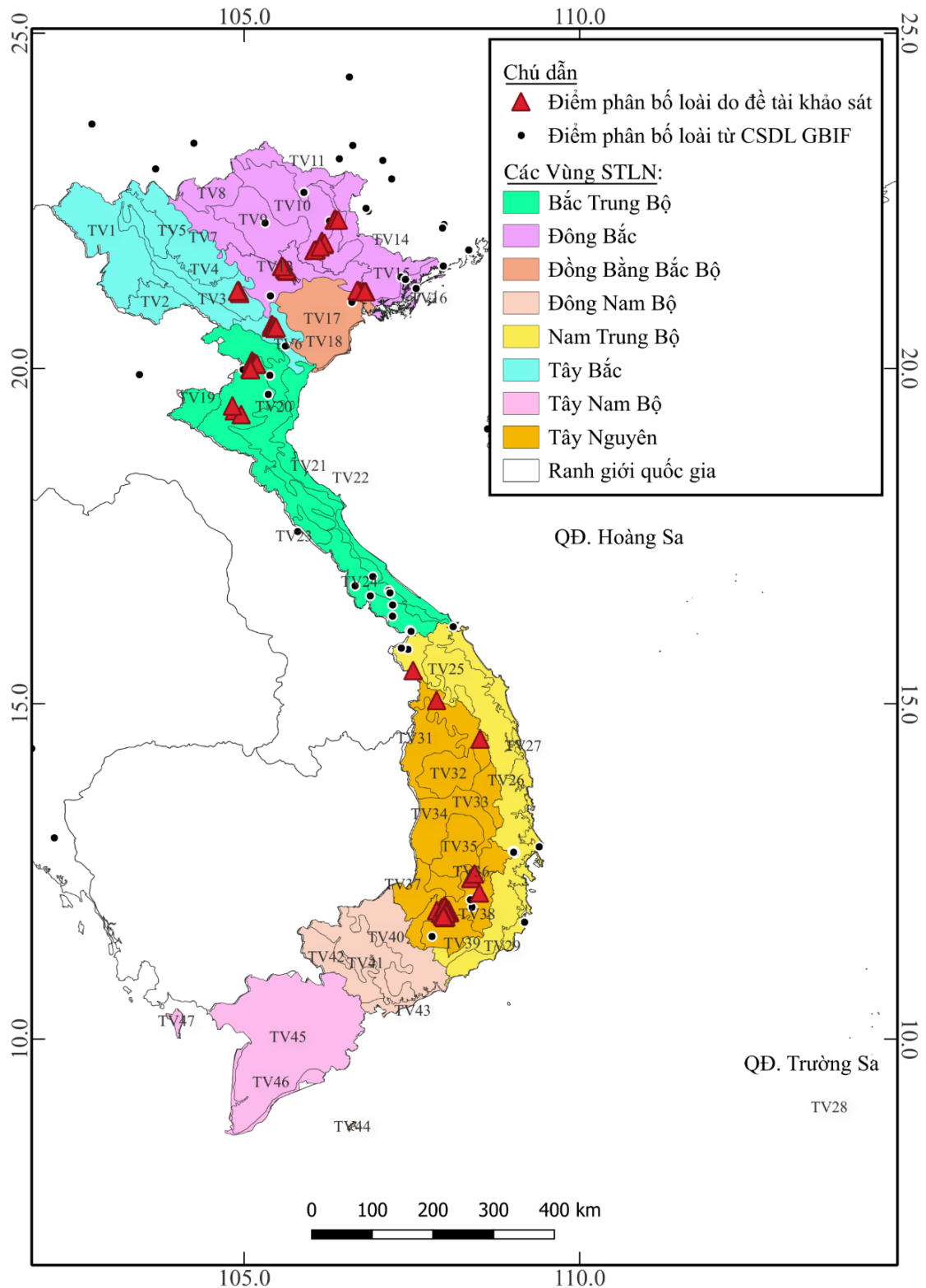
Vùng STLN	Tiểu vùng (TV) [143]	Địa điểm nghiên cứu	Đặc trưng của thảm thực vật rừng [143]	
				Leptosols: Đất mỏng, ít phát triển, thường có nhiều sỏi đá, phổ biến ở vùng núi.
			Kiểu rừng	Rừng rậm thường xanh hỗn loài, mưa ẩm, chịu tác động nhân sinh lớn, rừng nguyên sinh đa phần bị thay thế bằng rừng thứ sinh nhân tác.
Đông Bắc	TV12 (Trung du Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Thái Nguyên, Bắc Giang)	PT và VP	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình 23-24°C, với lượng mưa hàng năm trung bình 1.400-1.600 mm.
			Địa hình, địa mạo	Dạng địa hình gò đồi, độ cao 100-120m, có đỉnh vòm thoải.
			Nhóm đất	- Calcisols: Đây là loại đất giàu canxi cacbonat, độ phì nhiêu thấp và có thể được cải tạo để trồng trọt bằng; - Ferralsols: Đây là loại đất feralit, giàu ôxít sắt và nhôm, có màu đỏ hoặc vàng, nghèo dinh dưỡng do bị rửa trôi mạnh, nhưng có cấu trúc ổn định và khả năng thấm nước tốt.
			Kiểu rừng	Rừng kín hỗn loài, thường xanh quanh năm, mưa ẩm.
	TV14	QN	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình 18-23°C, lượng mưa trung bình năm 1100-1800mm.
			Địa hình, địa mạo	Địa hình núi khối lớn, chia cắt mạnh, độ dốc cao, độ cao từ 300 đến 700m.

Vùng STLN	Tiểu vùng (TV) [143]	Địa điểm nghiên cứu	Đặc trưng của thảm thực vật rừng [143]	
			Nhóm đất	Acrisols (giống ở TV6); Ferralsols (giống ở TV12); Alisols (đặc trưng bởi hàm lượng sét cao và tính chua mạnh)
			Kiểu rừng	Rừng kín hỗn loài, thường xanh và mưa ẩm, bao gồm cả rừng hỗn giao tre nứa, rừng tre nứa.
Bắc Trung Bộ	TV20 (Vùng núi Tây Thanh Nghệ Tĩnh)	TH	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình 18-23°C, với lượng mưa hàng năm trung bình 1100-1800mm.
			Địa hình, địa mạo	Địa hình núi khối tảng đặc trưng, bị chia cắt sâu, sườn dốc rõ rệt, với độ cao trên 700m.
			Nhóm đất	Ferralsols (giống ở TV12); Alisols (giống ở TV6); Leptosols (giống ở TV6)
			Kiểu rừng	Rừng kín hỗn loài thường xanh mưa ẩm, núi trung bình, bao gồm cả rừng hỗn giao tre nứa, rừng tre nứa.
Nam Trung Bộ	TV25 (Vùng núi Tây Quảng Nam, Quảng Ngãi)	QNm	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình 19-22°C, với lượng mưa hàng năm trung bình 2.800-4.000mm.
			Địa hình, địa mạo	Địa hình núi khối tảng đặc trưng, bị chia cắt sâu, sườn dốc rõ rệt, với độ cao trên 700m.
			Nhóm đất	Alisols và (giống ở TV14) và Ferralsols (giống ở TV12);
			Kiểu rừng	Rừng kín hỗn loài, thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới núi cao, rừng hỗn giao tre nứa, rừng tre nứa.

Vùng STLN	Tiểu vùng (TV) [143]	Địa điểm nghiên cứu	Đặc trưng của thảm thực vật rừng [143]	
	TV26 (Gò đồi nam trung bộ)	PY	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình 23-26°C, với lượng mưa hàng năm 1.600-3.000mm.
			Địa hình, địa mạo	Núi thấp, sườn dốc thoải
			Nhóm đất	Acrisols (giống ở TV6), Ferralsols (giống ở TV12) và Leptosols (giống ở TV6)
			Kiểu rừng	Rừng kín hỗn loài thường xanh mưa ẩm nhiệt đới trên đồi núi thấp, rừng trồng.
Tây Nguyên	TV30 (Khối núi Ngọc Linh)	GL	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình 17-22°C, với lượng mưa hàng năm trung bình đạt từ 1.200-2.400mm.
			Địa hình, địa mạo	Cao nguyên, xen kẽ là các vùng đồi núi và thung lũng, có địa hình đa dạng từ núi lửa đã ngừng hoạt động
			Nhóm đất	Ferralsols (giống ở TV12), và Acrisols (giống ở TV6)
			Kiểu rừng	Rừng kín hỗn loài thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới trên địa hình đồi núi cao, rừng kín hỗn loài nửa lá rụng.

Vùng STLN	Tiểu vùng (TV) [143]	Địa điểm nghiên cứu	Đặc trưng của thảm thực vật rừng [143]	
	TV39 (Cao nguyên Di Linh, Bảo Lộc)	LĐ	Khí hậu	Nhiệt độ trung bình dao động trong khoảng 20-22°C, với lượng mưa hàng năm trung bình đạt từ 1.500-2.800mm.
			Địa hình, địa mạo	Cao nguyên bazan xen núi cao, sườn dốc bị chia cắt mạnh, thung lũng sông sâu, địa mạo đặc trưng bởi bậc thềm, đồi lượn sóng và dãy núi granit
			Nhóm đất	Ferralsols (giống ở TV12) và Acrisols (giống ở TV6)
			Kiểu rừng	Rừng kín hỗn loài thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới trên núi cao, và rừng kín hỗn loài nửa rụng lá.

Hình 2.3 minh họa vị trí các QT Xá xị trong các vùng STLN của Việt Nam, qua đó thể hiện rõ phạm vi điều tra thực địa của đề tài. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát tại các HST rừng tự nhiên, đặc trưng về chế độ khí hậu, kiểu địa hình - địa mạo, loại thổ nhưỡng và thảm thực vật rừng theo phân loại vùng STLN của Vũ Tuấn Phương và cộng sự (2012). Đề tài đã phát hiện và ghi nhận các điểm phân bố Xá xị đặc trưng cho các HST rừng. Để bổ sung và khắc phục hạn chế thông tin từ khảo sát thực địa, đặc biệt là ở các khu vực giáp biên giới hoặc khó tiếp cận, các điểm phân bố loài Xá xị cũng được tham khảo từ Cơ sở dữ liệu toàn cầu về ĐDSH (GBIF), sử dụng từ khóa "*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn". Việc kết hợp dữ liệu từ GBIF này giúp xây dựng các mô hình toàn diện hơn cho toàn bộ lãnh thổ Việt Nam và mô phỏng chi tiết các vùng có dữ liệu hạn chế.



Hình 2.3. Vị trí các quần thể Xá xị trong các vùng STLN Việt Nam
(Bao gồm vị trí các quần thể, cá thể do nhóm nghiên cứu khảo sát được và các vị trí được tham khảo trên CSDL GBIF; Tên các Tiểu vùng TV1, TV2 ...xem tại phần chú dẫn ở trang kế tiếp).

Chú dẫn:

- TV1: Thượng nguồn sông Đà
- TV2: Thượng nguồn sông Mã
- TV3: Cao nguyên Sơn La, Mộc Châu
- TV4: Thung lũng sông Đà
- TV5: Khối núi Hoàng Liên Sơn
- TV6: Gò đồi Hòa Bình, Ninh Bình
- TV7: Thung lũng sông Hồng, sông Chảy
- TV8: Núi trung bình Hoàng Su Phì
- TV9: Thượng nguồn sông Lô, sông Gâm
- TV10: Núi thấp Bảo Lạc, Ba Bể
- TV11: Khối núi đá vôi Đồng Văn
- TV12: Trung du Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Thái Nguyên, Bắc Giang
- TV13: Khối núi đá vôi Bắc Sơn
- TV14: Đồi núi thấp Cao Bằng, Lạng Sơn, Quảng Ninh
- TV15: Trung nguyên và bến Đông Bắc
- TV16: Đảo Đông Bắc Bộ
- TV17: Đồng bằng Bắc Bộ
- TV18: Ngập mặn Đồng bằng Bắc Bộ
- TV19: Mường Xén
- TV20: Vùng núi Tây Thanh Nghệ Tĩnh
- TV21: Gò đồi Bắc Trung Bộ
- TV22: Đồng bằng và cát ven biển Bắc Trung Bộ
- TV23: Khối núi đá vôi Phong Nha – Kẻ Bàng
- TV24: Khối núi Tây Bình Trị Thiên
- TV25: Vùng núi Tây Quảng Nam, Quảng Ngãi
- TV26: Gò đồi Nam Trung Bộ
- TV27: Đồng bằng và cát ven biển Nam Trung Bộ
- TV28: Hoàng Sa, Trường Sa
- TV29: Vùng cực hạn Nam Trung Bộ
- TV30: Khối núi Ngọc Linh
- TV31: Núi thấp Sa Thầy
- TV32: Cao nguyên Bazan Pleiku, Kon Hà Nừng
- TV33: Thấp trũng An Khê
- TV34: Bán bình nguyên Cheo Reo, Phú Bổn, Ea Súp
- TV35: Cao nguyên Bazan Buôn Ma Thuột
- TV36: Khối núi Man Drak
- TV37: Cao nguyên Đak Nông, Đak Mìn
- TV38: Khối núi Chư Yang Sin, sơn nguyên Đà Lạt
- TV39: Cao nguyên Di Linh, Bảo Lộc
- TV40: Núi thấp Đông Nam Bộ
- TV41: Gò đồi Đông Nam Bộ
- TV42: Đồng bằng Đông Nam Bộ
- TV43: Ngập mặn ven biển Đông Nam Bộ
- TV44: Côn Đảo
- TV45: Đồng bằng Tây Nam Bộ
- TV46: Ngập mặn Tây Nam Bộ
- TV47: Hải đảo Tây Nam Bộ

2.3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Quan điểm nghiên cứu: Luận án tiếp cận bảo tồn loài Xá xị trên cơ sở xác định tính cấp thiết từ thực tiễn, loài Xá xị là cây gỗ quý hiếm đang bị suy giảm nghiêm trọng, được xếp hạng cực kỳ nguy cấp trong Sách đỏ Việt Nam và thuộc nhóm IIA của Nghị định 84/2021/NĐ-CP. Các nguyên nhân chủ yếu bao gồm khai thác thiếu bền vững, tận thu làm dược liệu và mỹ nghệ, tác động của BĐKH, tai biến môi trường. Đồng thời, nghiên cứu cũng chỉ ra khoảng trống khoa học khi các công trình trước đây mới dừng lại ở mức phân loại, phân bố và đánh giá tài nguyên, chưa chú trọng đến ĐDDT, sinh thái học quần thể và khả năng thích nghi với BĐKH.

Phương pháp luận: Luận án xây dựng cách tiếp cận liên ngành, kết hợp điều tra thực địa – sinh thái học truyền thống, công nghệ địa không gian và SDM, cùng với phân tích di truyền phân tử. Cách tiếp cận này vừa cung cấp dữ liệu cập nhật về đặc điểm sinh học, sinh thái và cấu trúc QT, vừa cho phép mô phỏng phân bố không gian theo các kịch bản khí hậu, đồng thời xác định mức độ đa dạng và cấu trúc di truyền của loài. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học quan trọng để định hướng bảo tồn, quản lý nguồn gen và quy hoạch các khu vực ưu tiên cho Xá xị trong tương lai.

Những quan điểm nghiên cứu và phương pháp luận nêu trên là cơ sở để xây dựng khung phương pháp phục vụ việc thực hiện mục tiêu và nội dung của đề tài; trong đó 07 phương pháp và nhóm phương pháp sau đã được triển khai:

2.3.1. Kế thừa kết quả nghiên cứu và các tài liệu đã có về vấn đề liên quan

(Phương pháp này được thực hiện cho nội dung 1-4)

- Tiến hành thu thập và tổng hợp các tài liệu liên quan đến tình hình cơ bản về điều kiện tự nhiên, dân sinh, kinh tế - xã hội (Bao gồm: Tài liệu về địa lý, đất đai, thổ nhưỡng; Khí hậu thủy văn; Bản đồ hiện trạng sinh học...) tại các khu vực nghiên cứu thông qua các nguồn chính thức từ Ban Quản lý các Khu BTTN, RĐD, VQG, Ủy ban nhân dân (UBND) tỉnh, xã.

- Tiến hành thu thập và tổng hợp các tài liệu khoa học, báo cáo nghiên cứu, và công trình công bố trong và ngoài nước liên quan đến loài Xá xị, phương pháp nghiên cứu Sinh thái học và Bảo tồn ĐDSH. Nguồn tài liệu được khai thác từ các cổng thông tin như: Google Scholar, Thư viện Quốc gia Việt Nam, Cục Thông tin KHCNQG/Bộ KHCN, và Thư viện Pháp luật Việt Nam...

2.3.2. Phương pháp khảo sát thực địa

(Nhóm phương pháp này được thực hiện cho nội dung 1)

a. Nghiên cứu hình thái:

Trong quá trình khảo sát thực địa, Nghiên cứu sinh phối hợp với các nhà thực vật học gồm: TS. Nguyễn Minh Đức (Trường Đại học Nông Lâm Huế), NCS. Bùi Văn Hường (Bảo tàng TNVN, Viện HLKH&CNVN), GS.TS. Phan Kế Lộc (Trường Đại học Khoa học Tự nhiên), TS. Phùng Văn Phê và ThS. Hoàng Thị Thắm (Bộ môn Thực vật, Trường Đại học Lâm nghiệp) đã tiến hành điều tra, thu thập mẫu làm tiêu bản và thu thập mẫu sinh học cho phân tích ADN trong phòng thí nghiệm.

Mô tả hình thái của loài được thực hiện dựa trên các đặc điểm thân, lá, hoa và quả và mẫu tiêu bản được lưu tại Trung tâm Nhiệt đới Việt – Nga. Trên mỗi cây, tiến hành đo đường kính và chiều cao tổng thể, đồng thời thu mẫu lá. Các chỉ tiêu hình thái khác như kích thước lá, hoa, quả; hình dạng tán cây; kiểu mọc và hình dạng lá; dạng mép lá được ghi nhận. Các phép đo được thực hiện bằng thước đo chính xác đến 0,1 cm. Ngoài ra, đặc điểm chồi, thân và vỏ cây được quan sát, mô tả chi tiết, kèm theo chụp ảnh minh họa. Toàn bộ kết quả được kiểm tra, đối chiếu với các tài liệu đã công bố để bổ sung hoặc hiệu chỉnh mô tả loài.

b. Nghiên cứu đặc điểm phân bố loài:

Dựa vào bản đồ địa hình để lập các tuyến điều tra chính (chiều dài tuyến dự kiến 2-4 km). Các tuyến điều tra cắt qua tất cả các dạng địa hình và sinh cảnh khác nhau (xác định theo Thông tư 33/2018/TT-BNNPTNT [144]). Quan sát hai bên tuyến, mỗi bên 20m để xác định sự xuất hiện của loài, tần số bắt gặp và phân bố (tọa độ) của loài, từ đó lập OTC điều tra hiện trạng phân bố và một số đặc điểm lâm học của loài. Ngoài mức độ giàu nghèo của lâm phần, xác định các cây trội, mức độ tác động của con người, chướng ngại, mất nơi sống của loài...

Số lượng và vị trí các OTC được xác định theo các tuyến nằm trên các xã, với tọa độ điểm xuất phát các tuyến tại Bảng 2.2:

+ Tại KBTTN Thượng Tiến (HB): OTC được thành lập tại 3 xã: Thượng Tiến, Kim Tiến, Quý Hoà, số lượng: 12 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 300-600m.

+ Tại RQG Yên Từ (QN): OTC được thành lập tại xã Thượng Yên Công, gồm 3 tuyến, mỗi tuyến 3-4 OTC, tổng 10 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 100-200m.

+ VQG Xuân Sơn (PT): OTC được thành lập tại xã: Xuân Sơn và Đồng Sơn, gồm 4 tuyến, mỗi tuyến 3 OTC, tổng 12 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 90-600m.

+ VQG Tam Đảo (VP): OTC được thành lập tại xã Đại Đình, Hồ Sơn, Hợp Châu, gồm 4 tuyến, mỗi tuyến 3-4 OTC, tổng 14 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ

100-650m.

+ Khu BTTN Xuân Liên (TH): OTC được thành lập tại xã Bát Mọt, gồm 5 tuyến, mỗi tuyến 3 OTC, tổng 15 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 530-1000m.

+ RPH Tây Giang (QNm): OTC được thành lập tại xã A xan và Tr'Hy, gồm 3 tuyến, mỗi tuyến 3-4 OTC, tổng 10 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 900-1300m.

+ RPH Sông Hinh (PY): OTC được thành lập tại xã Sông Hinh, huyện Sông Hinh, gồm 4 tuyến, mỗi tuyến 2-3 OTC, tổng 10 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 200-500m.

+ Khu BTTN Kon Chư Răng (GL): OTC được thành lập tại xã Sơn Lang, huyện Kbang, gồm 5 tuyến, mỗi tuyến 3 OTC, tổng 15 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 700-1100m.

+ Núi Voi, Đức Trọng (LĐ): OTC được thành lập tại xã Hiệp An, huyện Đức Trọng, gồm 4 tuyến, mỗi tuyến 3 OTC, tổng 12 OTC. Độ cao các tuyến trải dài từ 500-1000m.

c. Nghiên cứu đặc điểm lâm học của loài:

- Điều tra tầng cây gỗ lớn

Nghiên cứu đặc điểm lâm học của loài Xá xị được tiến hành trên cơ sở kế thừa các nguồn tài liệu sẵn có, kết hợp với điều tra thực địa và thu thập số liệu tại các ô tiêu chuẩn tạm thời. Trước tiên, các tuyến khảo sát được thiết lập nhằm xác định những khu vực có sự phân bố của loài. Ở các sinh cảnh rừng tự nhiên tại các địa điểm ghi nhận Xá xị, các OTC sơ cấp diện tích 1000 m² (20 × 50 m) được bố trí. Mỗi ô sơ cấp được chia thành 10 ô thứ cấp để thuận tiện cho việc thu thập số liệu tầng cây cao. Trong phạm vi các ô thứ cấp, toàn bộ cây gỗ có đường kính ngang ngực (D1.3) từ 6 cm trở lên được điều tra, bao gồm các chỉ tiêu: tên loài, chu vi thân (C) để tính đường kính (D1.3), chiều cao vút ngọn (Hvn), chiều cao dưới cành (Hdc), đường kính tán (Dt), và phân hạng chất lượng (tốt - A, trung bình - B, xấu - C) theo quy định tại Thông tư 33/2018/TT-BNNPTNT [144]...

- Xác định cấu trúc tổ thành của lâm phần

Tổ thành loài trong rừng được hiểu là tỷ lệ đóng góp của từng loài vào cấu trúc quần thụ, được xác định dựa trên chỉ số giá trị quan trọng (IVI%). Chỉ số này phản ánh vai trò sinh thái của mỗi loài trong lâm phần, tính toán dựa trên mật độ tương đối (Ni%) và tiết diện ngang tương đối (Gi%) của loài [145] Công thức tổng quát được biểu diễn như sau:

$$IVI\% = \frac{N_i\% + G_i\%}{2} \quad (1)$$

Trong đó: IVI%: chỉ số giá trị quan trọng của loài *i*, $N_i\%$: Mật độ tương đối, được tính bằng tỷ lệ số cây của loài *i* so với tổng số cây trong ô điều tra (%) và $G_i\%$: là Tiết diện ngang tương đối, được xác định bằng tỷ lệ tổng tiết diện ngang thân cây của loài *i* so với toàn bộ các loài trong ô (%).

- Mật độ của loài *i* được xác định theo công thức: $N_i = \frac{n_i}{S} \quad (2)$

Trong đó: + N_i là mật độ của loài *i* (số cây/ha)
 + n_i là tổng số cây của loài *i* trong ô
 + S là diện tích ô điều tra (ha) [146]

- Tiết diện ngang của loài *i* được tính bằng công thức: $G_i = \frac{3,142 \times DBH^2}{200^2} \quad (3)$

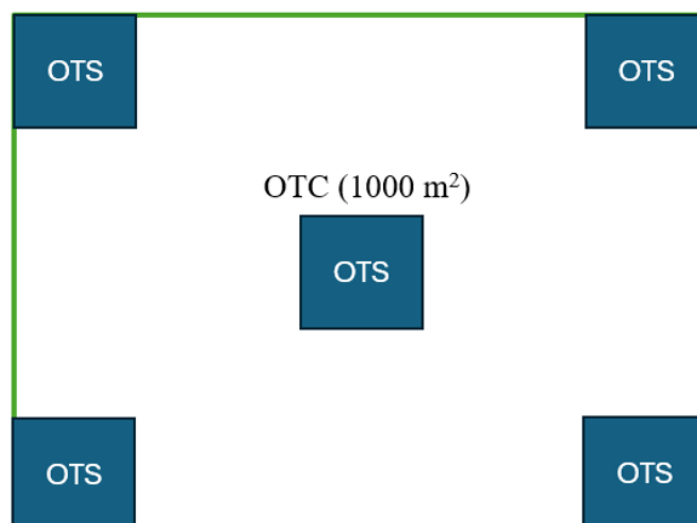
Trong đó:

+ G_i là tổng tiết diện ngang (m^2)
 + DBH là đường kính ngang ngực (cm) [146]

Theo Marmillod (1982), chỉ những loài có $IVI\% > 5\%$ mới thực sự có ý nghĩa sinh thái trong lâm phần. Bổ sung quan điểm này, Thái Văn Trùng (1978) cho rằng trong một quần thụ, nếu nhóm loài cây có tổng $IVI\% \geq 50\%$ thì nhóm đó được coi là ưu thế [147].

- Điều tra tái sinh

Cây tái sinh được định nghĩa là những cá thể có $D1.3 < 6$ cm, trong đó cây tái sinh triển vọng là những cây thuộc loài mục đích, sinh trưởng tốt và đạt chiều cao từ 1 m trở lên. Trong mỗi OTC, tiến hành thiết lập 5 OTS với diện tích $25 m^2$ (5×5 m), bố trí ở bốn góc và một ô tại vị trí trung tâm nhằm thu thập số liệu về cây tái sinh, cây bụi và thảm tươi. Các chỉ tiêu điều tra đối với cây tái sinh ($D1.3 < 6$ cm) bao gồm: tên loài, đường kính gốc ($D0$), Hvn, phẩm chất sinh trưởng (tốt, trung bình, xấu) và nguồn gốc tái sinh (từ hạt hoặc chồi). Chiều cao của cây tái sinh được phân loại theo các cấp: cây mạ hoặc cây con dưới 1 tuổi có chiều cao < 20 cm; các cấp còn lại được xác định theo chiều cao tăng dần, trong đó cây đạt từ 1 m trở lên được xem là cây tái sinh triển vọng. Trên cơ sở số liệu thu thập, tiến hành thống kê mật độ cây tái sinh (cây/ha) theo từng cấp chiều cao, đồng thời xác định tỷ lệ cây triển vọng trong số các loài ưu thế, làm căn cứ đánh giá khả năng tái sinh tự nhiên của quần thụ.



Hình 2.4. Sơ đồ thiết kế ô tiêu chuẩn

Tùy theo cấp chiều cao, cây tái sinh phản ánh những đặc điểm khác nhau về khả năng sinh trưởng và mức độ chịu tác động từ môi trường xung quanh. Nhóm cây có chiều cao từ 20–100 cm thường chịu ảnh hưởng mạnh của tầng thảm tươi, dẫn đến sự cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng, từ đó tác động đến khả năng phát triển. Quan sát số liệu thực địa cho thấy, mật độ cây tái sinh thường có xu hướng giảm dần khi chiều cao tăng [148]. Đặc biệt, những cây đạt chiều cao trên 1 m được xem là có triển vọng, bởi chúng có khả năng vượt qua áp lực cạnh tranh và có tiềm năng tham gia vào tổ thành tầng cây cao trong quá trình phát triển rừng.

- **Xác định loài cây bạn của Xá xị bằng phương pháp ô mẫu 6 cây:** Tại mỗi địa điểm có loài phân bố tự nhiên chọn 5-10 cây Xá xị có đường kính ngang ngực lớn hơn 6 (cm) làm trung tâm sau đó xác định những cây bạn đi kèm và tiến hành đo đếm chỉ tiêu hình thái thân của cây và những cây bạn. Tổng cộng có 90 ô 6 cây được lập ở 9 QT tại 5 vùng STLN, trên các tuyến khảo sát tại Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Thông tin các tuyến điều tra tại các khu vực nghiên cứu

Vùng STLN	Ký hiệu	Địa điểm	Tuyến điều tra đi theo xã	Kinh độ (N)	Vĩ độ (E)	Độ cao (m)	Số lượng OTC
Tây Bắc	HB	Khu BTTN Thượng Tiến	Thượng Tiến 1	20°25' 15.8"	106°44' 31.2"	300-680	03
			Thượng Tiến 2	20°39' 12"	105°39' 9"	300-600	03

Vùng STLN	Ký hiệu	Địa điểm	Tuyến điều tra đi theo xã	Kinh độ (N)	Vĩ độ (E)	Độ cao (m)	Số lượng OTC
		(thuộc TV6)	Kim Tiền	20°38' 11"	105°38' 10"	400- 600	03
			Quý Hoà	20°37'	105°38' 11.5"	400- 500	03
Đông Bắc	QN	Rừng quốc gia Yên Tử (thuộc TV14)	Thượng Yên Công 1	21°8' 8.8"	106°45' 24.2"	100- 195	03
			Thượng Yên Công 2	21°8' 13"	106°42' 7.8"	100- 190	03
			Thượng Yên Công 3	21°8' 54"	106°43' 46"	100- 200	04
	PT	VQG Xuân Sơn (thuộc TV12)	Xuân Sơn 1	21° 7' 50"	104°56' 49"	90 -536	03
			Xuân Sơn 2	21° 7' 18"	104°54' 51.4"	100- 600	03
			Đồng Sơn 1	21° 10' 22"	104°52' 48"	100- 500	03
			Đồng Sơn 2	21° 10' 9.6"	104°52' 5.2"	100- 600	03
	VP	VQG Tam Đảo (thuộc TV12)	Đại Đình 1	21° 28' 18"	105°35' 35.8"	319- 620	04
			Đại Đình 2	21° 27' 21.6"	105°35' 37.2"	400- 600	04
			Hồ Sơn	21° 27' 51.6"	105°38' 30.8"	200- 700	03
			Hợp Châu	21° 25' 6"	105°37' 26.4"	100- 650	03
Bắc Trung Bộ	TH	Khu BTTN Xuân Liên (thuộc TV20)	Bát Mọt 1	19°50' 16.6"	105°13' 45.7"	531- 923	03
			Bát Mọt 2	19°59' 17.9"	104°59' 28"	600- 800	03
			Bát Mọt 3	20°1' 48"	104°57' 48"	700- 1000	03
			Bát Mọt 4	20°1' 42"	105°3' 20"	600- 800	03

Vùng STLN	Ký hiệu	Địa điểm	Tuyến điều tra đi theo xã	Kinh độ (N)	Vĩ độ (E)	Độ cao (m)	Số lượng OTC
			Bát Mọt 5	19°58' 53.4"	105°3' 50.4"	600- 1000	03
Nam Trung Bộ	QNm	RPH Tây Giang, (thuộc TV25)	A xan 1	15°48' 29"	107°19' 8.6"	1086- 1296	04
			A xan 2	15°50' 45"	107°18' 57.5"	900- 1200	03
			Tr'Hy	15°48' 17.2"	107°21' 55.4"	1100- 1300	03
	PY	RPH Sông Hinh (thuộc TV25)	Sông Hinh 1	12°48' 36.2"	108°58' 54"	200- 400	02
			Sông Hinh 2	12°50' 42.2"	108°59' 46.7"	200- 480	02
			Sông Hinh 3	12°48' 42.3"	109°00' 39.8"	230- 500	03
			Sông Hinh 4	12°51' 24.1"	109°00' 33.09"	240- 500	03
	Tây Nguyên	GL	Khu BTTN Kon Chư Răng (thuộc TV30)	Son lang 1	14°31' 13.5"	108°33' 39.8"	960- 1020
Son Lang 2				14°26' 15.8"	108°33' 45.8"	700- 800	03
Son Lang 3				14°21' 24.9"	108°33' 33.5"	950- 1100	03
Son Lang 4				14°29' 5.7"	108°32' 9.05"	700- 900	03
Son Lang 5				14°23' 9.3"	108°36' 20.7"	1000- 1100	03
LĐ		Núi Voi, Đức Trọng (thuộc TV39)	Hiệp An 1	11°50' 45.7"	108°25' 20"	850- 1050	03
			Hiệp An 2	11°50' 41"	108°25' 40.62"	500- 800	03
			Hiệp An 3	11°50' 56.51"	108°25' 58.49"	700- 1000	03
			Hiệp An 4	11°50' 58.4"	108°26' 11.1"	650- 900	03

d. Phương pháp thu thập mẫu sinh học cho phân tích sinh học phân tử:

Tổng số 208 mẫu sinh học (lá hoặc vỏ cây) của loài Xá xị được thu thập từ 9 QT khác nhau trong 5 vùng STLN, 6 TV STLN (Hình 2.3; Bảng 2.3).

Bảng 2.3. Thông tin, số mẫu, địa điểm thu mẫu cho phân tích ADN và ARN

Vùng STLN	Quần thể (thuộc Tiểu vùng)	Địa điểm	Kinh độ (N)	Vĩ độ (E)	Số mẫu
Tây Bắc	HB (TV6)	Khu BTTN Thượng Tiến	20°25' 15.8"	106°44' 31.2"	18
Đông Bắc	QN (TV14)	Rừng quốc gia Yên Tử	21°8'8.8"	106°45' 24.2"	19
	PT (TV12)	VQG Xuân Sơn	21°10'8.3"	105°7' 27.7"	19
	VP (TV12)	VQG Tam Đảo	21°25' 15.8"	105°37' 31.2"	19
Bắc Trung Bộ	TH (TV20)	KBTTN Xuân Liên	19°50' 16.6"	105°13' 45.7"	20
Nam Trung Bộ	QNm (TV25)	Huyện Tây Giang	15°48' 29"	107°19' 8.6"	20
	PY (TV25)	RPH Sông Hinh	12°48'19.9"	109°00' 9.8"	22
Tây Nguyên	GL (TV30)	Khu BTTN Kon Chư Răng	14°31' 13.5"	108°33' 39.8"	40
	LĐ (TV39)	Núi Voi, Đức Trọng	11°50' 45.7"	108°25' 20"	31

- *Thu mẫu sinh học tách chiết ARN*: Mẫu lá, thân của loài Xá xị được thu thập và bảo quản trong nitơ lỏng ở thực địa và chuyển về phòng thí nghiệm bảo quản âm 80°C cho đến khi được sử dụng để phân tích ARN.

- *Thu mẫu sinh học cho phân tích ADN*: Trong quá trình điều tra thực địa tiến hành thu mẫu sinh học (lá) loài Xá xị phân bố tại 5 vùng STLN của Việt Nam. Mỗi QT thu thập 18-40 mẫu (tùy thuộc số cá thể phân bố tự nhiên tại mỗi QT), mẫu sinh học được bảo quản trong túi nhựa PE có chứa hạt hút ẩm (silicagel) ở thực địa và tại phòng thí nghiệm bảo quản ở tủ lạnh âm 30°C.

Các mẫu thu thập đều được đánh mã số riêng biệt và ghi chép các thông số khác như tọa độ địa lý, địa điểm phân bố, đặc điểm sinh học và sinh thái,... Xác định hình thái loài Xá xị tại thực địa và trong phòng thí nghiệm bởi các nhà thực vật như: TS. Nguyễn Minh Đức-Trường ĐH Nông Lâm Huế; NCS. Bùi Văn Hướng-Bảo tàng thiên nhiên Việt Nam; GS.TS. Phan Kế Lộc-Trường Đại học Khoa học tự nhiên; TS. Phùng Văn Phê và ThS. Hoàng Thị Thắm-Trường ĐH Lâm Nghiệp; Mẫu tiêu bản của loài Xá xị tại một số HST rừng cũng được NCS thu thập và lưu giữ tại Phòng thí nghiệm, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga.

2.3.3. Phương pháp xử lý và phân tích dữ liệu thực địa

(Nhóm phương pháp này được thực hiện chủ đạo cho nội dung 1)

a. Phân loại sinh cảnh rừng:

Nghiên cứu đã tham khảo Qui phạm Thiết kế Kinh doanh rừng, QPN 6 - 84 có sửa đổi, để tập trung tiến hành phân chia nhóm kiểu sinh cảnh rừng.

- *Nhóm kiểu II*: Nhóm rừng phục hồi cây tiên phong thường bao gồm những cây có đường kính nhỏ và có khả năng phát triển nhanh chóng trong môi trường bị tác động mạnh. Các loài cây tiên phong này đóng vai trò quan trọng trong quá trình phục hồi sinh thái, cải thiện đất đai và tạo môi trường sống cho các loài cây khác. Tuy nhiên, tùy thuộc vào hiện trạng đất đai, mức độ tàn phá và nguồn gốc của các khu rừng, nhóm rừng này có thể được phân chia thành các kiểu khác nhau:

+ Kiểu IIA: Nhóm rừng phục hồi được đặc trưng bởi sự phát triển của các loài cây tiên phong ưa sáng, có khả năng sinh trưởng nhanh chóng trong các điều kiện đất đai bị suy thoái hoặc bị tàn phá. Các cây tiên phong này thường có đặc điểm là có đường kính nhỏ, dễ dàng thích nghi với môi trường ánh sáng mạnh và điều kiện đất nghèo dinh dưỡng. Trong loại rừng phục hồi này, đường kính trung bình của các cây trong sinh cảnh rừng được nghiên cứu thường không vượt quá 10cm, cho thấy đây là

những cây non, mới phát triển. Rừng phục hồi thuộc đối tượng nuôi dưỡng, tức là quá trình quản lý và chăm sóc để đảm bảo sự phát triển bền vững của rừng

+ Kiểu IIB: Nhóm rừng cây tiên phong phục hồi đã trải qua quá trình phát triển lâu dài, đạt kích thước lớn hơn so với giai đoạn ban đầu. Các cây trong rừng này vẫn giữ đặc tính ưa sáng và có tốc độ sinh trưởng nhanh, tuy nhiên, sự phát triển của chúng đã tạo ra một môi trường rừng có sự phân hóa rõ rệt về cấu trúc. Trong rừng, các loài cây không chỉ có tính chất ưa sáng mà còn có khả năng sinh trưởng tốt trong điều kiện đất khô cằn hoặc bị suy thoái, giúp cải thiện chất lượng môi trường sống cho các loài cây khác. Đường kính trung bình của các cây trong rừng phục hồi này đã vượt quá 10cm.

- *Nhóm kiểu III*: Nhóm rừng đã qua khai thác chọn là kết quả của việc can thiệp trực tiếp từ con người, với các hình thức khai thác gỗ hoặc sản phẩm rừng có chọn lọc. Những can thiệp này ảnh hưởng đến cấu trúc rừng, làm thay đổi tỷ lệ phân bố các loài cây và độ tuổi của chúng. Tùy theo mức độ tác động, khả năng tái sinh và cung cấp lâm sản mà có thể phân loại trạng thái khác nhau.

+ Kiểu IIIA: Nhóm rừng thứ sinh qua khai thác chọn kiệt bị giảm sút về chất lượng cây gỗ và ĐDSH, cấu trúc rừng bị phá vỡ. Khả năng tái sinh tự nhiên và phục hồi bị hạn chế, làm khó khăn cho việc khai thác lại. Cần bảo vệ và hỗ trợ phục hồi để duy trì chức năng sinh thái.

+ Kiểu IIIB: Nhóm rừng đã bị khai thác một phần gỗ quý và gỗ tốt, nhưng chưa bị tác động đủ mạnh để làm thay đổi đáng kể cấu trúc ổn định của rừng. Mặc dù có sự khai thác, khả năng cung cấp tài nguyên rừng vẫn còn dồi dào, với trữ lượng lớn, đặc biệt là gỗ lớn có giá trị cao như gỗ xẻ. Rừng này vẫn giữ được sự ổn định trong HST và duy trì khả năng tái sinh tốt, cho phép khai thác bền vững.

- *Nhóm kiểu IV*: Nhóm rừng nguyên sinh, hoặc rừng thứ sinh thành thực chưa khai thác sử dụng, rừng ổn định.

+ Kiểu IVA: Rừng có cấu trúc ổn định, điển hình với nhiều tầng cây gỗ khác nhau. Thành phần loài phong phú, trong đó có nhiều loài cây gỗ quý, sống lâu năm, đồng thời tồn tại nhiều cấp kính và nhiều thế hệ kế tiếp nhau. Đặc điểm nổi bật của rừng nguyên sinh là khả năng duy trì cân bằng sinh thái, độ che phủ cao.

+ Kiểu IVB: Rừng thứ sinh đã phục hồi, ổn định, cấu trúc tương tự nguyên sinh nhưng có thể thiếu tầng giữa/tầng dưới hoặc đôi khi chưa hoàn chỉnh, nhưng có cấu trúc ổn định.

b. Xác định loài cây:

Để xác định về hình thái giúp xác định tên loài cây qua việc đối chiếu đặc điểm hình thái đặc trưng, như lá, hoa, quả và vỏ cây, NCS sử dụng tài liệu: cây cỏ Việt Nam của Phạm Hoàng Hộ (Quyển 1) [107], cây gỗ Việt Nam [111], thực vật chí Việt Nam - Họ Long Nảo [10], tên Latinh được tham khảo bởi Kew Science (<http://www.plantsoftheworldonline.org>), World flora online (<http://104.198.148.243>).

c. Mật độ tầng cây cao:

Xác định mật độ loài N (cây/ha) theo công thức (4):

$$N_i = \frac{n_i \times 10000}{S} \quad (4)$$

Trong đó: N_i là mật độ loài nghiên cứu (cây/ha); n_i là tổng số cây của loài i ; S là diện tích ô nghiên cứu (m^2); 10000 là hệ số chuyển đổi từ mét vuông sang hecta (1 ha = 10000 m^2).

d. Tiết diện ngang:

Tiết diện ngang được tính theo công thức (5):

$$G = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{DBH}{100} \right)^2 \quad (5)$$

Trong đó: G là tiết diện ngang (m^2); DBH là đường kính ngang ngực (cm) [146].

2.3.4. Phương pháp xây dựng mô hình phân bố loài

(Phương pháp được thực hiện cho nội dung 2)

a. Dữ liệu đầu vào cho mô hình:

+ **Điểm phân bố loài:** Dữ liệu từ các cuộc khảo sát thực địa ghi nhận 357 điểm phân bố Xá xị đặc trưng cho các HST rừng tại các vùng STLN, với các đặc trưng về địa hình, thổ nhưỡng, khí hậu, độ che phủ của thảm thực vật.

Ngoài ra, NCS có sử dụng thêm các điểm phân bố từ CSDL GBIF (sử dụng từ khoá “*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn” tra trên website <https://www.gbif.org/>) để hạn chế sự thiếu hụt thông tin của các ghi nhận ngoài thực địa. Dữ liệu bổ sung này cũng góp phần xây dựng mô hình cho toàn vẹn lãnh thổ Việt Nam và mô phỏng được chi tiết dữ liệu các vùng giáp biên giới, vùng khó tiếp cận.

+ **Địa hình (ele), độ dốc và hướng phơi địa hình:** Độ cao được sử dụng từ dữ liệu độ cao số được cung cấp bởi NASA JPL với độ phân giải khoảng 30m [149]. Sử dụng hàm là `ee.Terrain.slope()` và `ee.Terrain.aspect()` để tính toán độ dốc (slope) và

hướng phơi địa hình (aspect) từ dữ liệu số độ cao (DEM) với độ phân giải khoảng 30m. Slope với giá trị nằm trong khoảng từ 0° (địa hình bằng phẳng) đến gần 90° (địa hình dốc đứng). Aspect thể hiện hướng của mặt nghiêng so với hướng Bắc. Giá trị aspect được đo từ 0° đến 360° , trong đó 0° = hướng Bắc, 90° = hướng Đông, 180° = hướng Nam và 270° = hướng Tây (Bảng 2.4).

+ **Sinh khí hậu (của giai đoạn hiện tại):** Sử dụng dữ liệu khí hậu hiện tại được thu thập từ CSDL Worldclim phiên bản 2.1 (worldclim.org) với độ phân giải $\sim 1\text{km}$ [150]. Bộ dữ liệu bao gồm 19 biến khí hậu (Bảng 2.4), bao gồm: nhiệt độ trung bình hàng năm (Bio1); biên độ nhiệt độ trung bình ngày đêm (Bio2); sự đồng đều nhiệt độ (Bio3); sự thay đổi nhiệt độ theo mùa (Bio4); nhiệt độ tối đa của tháng ấm nhất (Bio5); nhiệt độ tối thiểu của tháng lạnh nhất (Bio6); biên độ nhiệt độ hàng năm (Bio7); nhiệt độ trung bình của quý ấm nhất (Bio8); nhiệt độ trung bình của quý khô nhất (Bio9); nhiệt độ trung bình của quý ẩm nhất (Bio10) và quý lạnh nhất (Bio11); lượng mưa hàng năm (Bio12); lượng mưa của tháng ẩm nhất (Bio13); lượng mưa của tháng khô nhất (Bio14); sự thay đổi lượng mưa theo mùa (Bio15); lượng mưa của quý ẩm nhất (Bio16), lượng mưa của quý khô nhất (Bio17), lượng mưa của quý ẩm nhất (Bio18) và lượng mưa của quý lạnh nhất (Bio19).

+ **Dữ liệu khí hậu tương lai:** Sử dụng bốn kịch bản BĐKH, các kịch bản đều bao gồm 19 biến khí hậu giống các bộ dữ liệu khí hậu hiện tại và tất cả đều được tải về từ phiên bản 2.1 của Worldclim, độ phân giải $\sim 1\text{km}$ [150], các kịch bản bao gồm:

+ Kịch bản **ACCESS-CM2** (Ký hiệu: ACCESS, sản phẩm của ARC Centre of Excellence for Climate System Science).

+ Kịch bản **MIROC6** (Ký hiệu: MIROC6, sản phẩm từ JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology), Japan).

+ Kịch bản **EC-Earth3-Veg** (Ký hiệu: EC, sản phẩm của Viện Khí tượng Thủy văn Thụy Điển).

+ Kịch bản **MRI-ESM2-0** (Ký hiệu: MRI, sản phẩm của Viện Nghiên cứu Khí tượng của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản).

Việc sử dụng các kịch bản khí hậu trên cho nghiên cứu mô hình tại Việt Nam là phù hợp vì chúng cung cấp đa dạng mô hình khí hậu từ các trung tâm nghiên cứu hàng đầu. Sự kết hợp này giúp dự báo chính xác hơn về BĐKH và tác động đến ĐDSH.

Các kịch bản này được áp dụng để xây dựng các mô hình cho các giai đoạn tương lai (2061-2080 và 2081-2100). Bốn kịch bản phát thải tương ứng với mỗi kịch

bản khí hậu (gồm kịch bản phát thải thấp, trung bình, cao, và rất cao: SSP126, SSP245, SSP370 và SSP585) với các giá trị cường bức xạ ròng là 2.6, 4.5, 7.0 và 8.5W/m² [150]. Cụ thể:

SSP126: là lộ trình phát triển bền vững, ưu tiên các biện pháp bảo vệ môi trường, giữ cho nhiệt độ toàn cầu tăng dưới 2°C so với mức tiền công nghiệp.

SSP245: là lộ trình phát triển trung bình, phát thải trung bình, ổn định vào giữa thế kỷ 21 và sau đó giảm nhẹ.

SSP370: là lộ trình phát triển không bền vững, phát thải cao, tiếp tục tăng lên trong suốt thế kỷ 21.

SSP585: là lộ trình phát triển với sự ưu tiên cho tăng trưởng kinh tế cao, phụ thuộc nhiều vào nhiên liệu hóa thạch, lượng phát thải khí nhà kính tiếp tục tăng mạnh.

+ **Dữ liệu khí hậu quá khứ:** Sử dụng hai tập dữ liệu cổ khí hậu được trích xuất từ cơ sở dữ liệu CHELSA phiên bản 1.2 [151] thông qua nền tảng PaleoClim, các kịch bản đều bao gồm 19 biến khí hậu giống các bio dữ liệu khí hậu hiện tại, độ phân giải 1km, bao gồm:

Kịch bản thời kỳ **Last Glacial Maximum (LGM)**: Đây là thời kỳ cuối kỷ Băng hà, có thời gian cách hiện tại khoảng 20.000-26.000 năm.

Kịch bản thời kỳ **Mid-Holocene (MH)**: Đây là thời kỳ giữa Holocene là một giai đoạn trong kỷ nguyên Holocene, kéo dài từ khoảng 6.000 năm trước. Holocene là kỷ nguyên hiện tại của Trái Đất.

Bảng 2.4. Các tham số môi trường đầu vào của mô hình

TT	Tên biến môi trường	Ký hiệu	Đơn vị tính	Khuyến nghị sử dụng
I	Bộ tham số sinh khí hậu (F1)			
1	Nhiệt độ trung bình nhiều năm	Bio01	°C	[152, 153]
2	Biên độ nhiệt trung bình ngày	Bio02	°C	
3	Đặc trưng đồng đều nhiệt độ	Bio03	°C	
4	Biến động nhiệt độ theo mùa	Bio04	°C	
5	Nhiệt độ cao nhất của tháng nóng nhất	Bio05	°C	
6	Nhiệt độ thấp nhất của tháng lạnh nhất	Bio06	°C	

TT	Tên biến môi trường	Ký hiệu	Đơn vị tính	Khuyến nghị sử dụng
7	Biên độ nhiệt độ hàng năm	Bio07	°C	
8	Nhiệt độ trung bình của quý ẩm ướt nhất	Bio08	°C	
9	Nhiệt độ trung bình của quý khô nhất	Bio09	°C	
10	Nhiệt độ trung bình của quý nóng nhất	Bio10	°C	
11	Nhiệt độ trung bình của quý lạnh nhất	Bio11	°C	
12	Lượng mưa hàng năm	Bio12	mm	
13	Lượng mưa của tháng ẩm ướt nhất	Bio13	mm	
14	Lượng mưa của tháng khô nhất	Bio14	mm	
15	Biến động mưa (Hệ số biến động)	Bio15	mm	
16	Lượng mưa của quý ẩm ướt nhất	Bio16	mm	
17	Lượng mưa của quý khô nhất	Bio17	mm	
18	Lượng mưa của quý nóng nhất	Bio18	mm	
19	Lượng mưa của quý lạnh nhất	Bio19	mm	
II	Bộ tham số thổ nhưỡng (F2)			
20	Hàm lượng mùn trong đất	Silt	g/kg	[154, 155]
21	Loại thổ nhưỡng	Soil type	-	
III	Tham số thảm thực vật (F3)			
22	Phần trăm độ che phủ của thảm thực vật	tree	%	[156, 157]
IV	Bộ tham số địa hình (F4)			
23	Độ cao	ele	m	[156, 158]
24	Độ dốc	slope	độ	
25	Hướng phơi địa hình	aspect	độ	

+ **Dữ liệu về độ che phủ thảm thực vật (tree):** Được trích xuất từ sản phẩm Terra MODIS Vegetation Continuous Fields (VCF), dữ liệu là biểu diễn ở cấp độ dưới pixel, ước tính về phần trăm thảm thực vật trên bề mặt toàn cầu, độ phân giải 250m [159], sử dụng band “percent_tree_cover” của CSDL này và được cắt cho khu

vực nghiên cứu là toàn bộ Việt Nam, lấy giá trị pixel trung bình từ 1/1/2020 đến 1/10/2024) (Bảng 3.4).

+ **Đặc điểm thổ nhưỡng:** Sử dụng dữ liệu thổ nhưỡng toàn cầu (độ phân giải 250m), được tải về từ trang CSDL của Soilgrid do Trung tâm Dữ liệu Đất Thế giới ISRIC (một tổ chức khoa học độc lập) cung cấp [160], bao gồm các lớp data dạng raster gồm: hàm lượng đất mùn trong đất ở độ sâu tầng đất 0-30 cm, (silt); loại đất theo phân loại của FAO (soil type) (Bảng 3.4).

b. Kiểu dữ liệu cho mô hình:

Nghiên cứu sử dụng hai loại mô hình với hai loại nguồn dữ liệu:

- Sử dụng phần mềm Maxent để xây dựng cho mô hình chỉ sử dụng dữ liệu hiện diện của loài Xá xị (Presence -Only) [161].

- Sử dụng các mã code được viết bằng JavaScript API trên Google Earth Engine (GEE) được tham khảo từ các công bố trong và ngoài nước [103, 104] để xây dựng mô hình sử dụng dữ liệu hiện diện - giả vắng mặt (Presence-absence).

Dưới đây là chi tiết các kỹ thuật:

(1) Mô hình chỉ sử dụng dữ liệu hiện diện (Presence-Only)

Sử dụng thuật toán Maxent thiết kế với dữ liệu hiện diện. Trong ước lượng mật độ entropy tối đa, phân phối thực của một loài được biểu diễn dưới dạng một phân phối xác suất π trên tập hợp X của các địa điểm trong khu vực nghiên cứu. Do đó, π gán một giá trị không âm cho mỗi địa điểm x và các giá trị $\pi(x)$ tổng cộng là một. Chúng ta tạo ra một mô hình của π , một phân phối xác suất một tập hợp các ràng buộc được suy ra từ dữ liệu hiện diện. Các ràng buộc này được biểu thị dưới dạng các hàm đơn giản của các biến môi trường, được gọi là các đặc trưng. Vì tập hợp các ràng buộc thường không xác định hoàn toàn về mô hình, trong tất cả các phân phối xác suất thỏa mãn các ràng buộc, chúng ta chọn phân phối có entropy tối đa, tức là phân phối ít bị ràng buộc nhất [77].

Ước lượng mật độ entropy tối đa cũng có thể được giải thích từ góc độ lý thuyết quyết định như là ước lượng Bayes. Cụ thể, hãy xem xét kịch bản mà mục tiêu của người xây dựng mô hình là tối ưu hóa kỳ vọng log likelihood, và sự thật duy nhất được biết về phân phối thực π là nó thỏa mãn một tập hợp các ràng buộc nhất định.

Cách π biểu diễn phân phối thực của loài có thể được hiểu thông qua, chiến lược lấy mẫu sau đây (lý tưởng hóa). Một người quan sát chọn ngẫu nhiên một địa điểm x từ tập hợp X của các địa điểm trong khu vực nghiên cứu, và ghi nhận 1 nếu loài đó hiện diện tại x , và 0 nếu nó vắng mặt. Nếu chúng ta ký hiệu biến phản hồi (hiện diện hoặc vắng mặt) là y , thì $\pi(x)$ là xác suất có điều kiện $P(x|y=1)$, tức là xác suất của

người quan sát ở x , với điều kiện loài đó hiện diện. Theo quy tắc Bayes, ta có công thức (10):

$$P(y = 1 | x) = \frac{P(x|y=1)P(y=1)}{P(x)} = \pi(x)P(y = 1)|X| \quad (10)$$

Theo đó, $P(x)=1/|X|$ cho tất cả x . Ở đây $P(y=1)$ là tỷ lệ xuất hiện chung của loài trong khu vực nghiên cứu. Đại lượng $P(y=1|x)$ là xác suất loài đó xuất hiện tại địa điểm x , giá trị này có thể là 0 hoặc 1 đối với thực vật. Phương trình 1 cho thấy π tỷ lệ thuận với xác suất xuất hiện.

(2) SDM sử dụng dữ liệu hiện diện – giả định vắng mặt (presence-absence)

(-) Thuật toán rừng ngẫu nhiên (Random forest - RF)

Mô hình phân bố rừng ngẫu nhiên (Random Forest - RF) là một thuật toán học máy dựa trên phương pháp ensemble learning, kết hợp nhiều cây quyết định (decision trees) để cải thiện độ chính xác và độ bền vững của mô hình phân bố. RF hoạt động từ các mẫu dữ liệu ngẫu nhiên và sử dụng cơ chế biểu quyết (voting) để đưa ra dự đoán cuối cùng trong bài toán phân loại hoặc lấy giá trị trung bình trong bài toán hồi quy [162]. RF giảm thiểu hiện tượng quá khớp so với các cây quyết định đơn lẻ. RF đặc biệt mạnh mẽ với dữ liệu phức tạp, phi tuyến tính và có khả năng xử lý tốt cả dữ liệu thiếu và giá trị ngoại lai. Với tính linh hoạt và hiệu quả, RF được ứng dụng rộng rãi trong phân tích dữ liệu, nhận dạng mẫu và dự báo [163].

(-) Thuật toán véc tơ hỗ trợ (Support vector machine - SVM).

Phương pháp máy vector hỗ trợ (Support Vector Machine - SVM) là một thuật toán học máy mạnh mẽ dựa trên nguyên lý hạt nhân (kernel). Bằng cách sử dụng hàm hạt nhân, SVM chuyển đổi dữ liệu phi tuyến trong không gian gốc thành không gian đặc trưng có chiều cao hơn, nơi các quan hệ phi tuyến trở nên tuyến tính. SVM tối ưu hóa một siêu phẳng (hyperplane) để phân chia dữ liệu với biên rộng nhất, đảm bảo khả năng phân loại hoặc hồi quy chính xác và ổn định. Phương pháp này hiệu quả với dữ liệu phức tạp, đa chiều và có ứng dụng trong nhận dạng mẫu, dự báo, và phát hiện bất thường [164]. Chẳng hạn x là đa biến số đầu vào, y là đầu ra vô hướng và n là số mẫu huấn luyện, mô hình phân bố ban đầu sẽ được chuyển thành mô hình phân bố tuyến tính, như công thức (11) [165]:

$$y = f(x) = \langle w \cdot \varphi(x) \rangle + b = \sum_{i=1}^n w_i \varphi_i(x) + b \quad (11)$$

Trong đó:

w là trọng số của vector;

b là độ dịch;

φ là hàm phi tuyến chuyển đổi từ không gian đầu vào thành không gian nhiều chiều mới. Thay vì xác định chính xác dạng hàm của φ , chúng ta sử dụng hàm thức hạt nhân (12):

$$(x_i, x) = (\varphi(x_i) \cdot \varphi(x)) \quad (12)$$

Thông thường, các hàm hạt nhân phổ biến bao gồm hàm tuyến tính, hàm đa thức bậc cao, và hàm cơ sở bán kính. Đồng thời, việc xác định các tham số w và b được thực hiện dựa trên việc tối ưu hóa sai số hồi quy nhỏ nhất theo một công thức cụ thể, sử dụng hàm thức (13):

$$\begin{aligned} & \text{minimize } \frac{1}{2} \|W\|^2 + C \sum_{i=1}^n \xi_i + \xi_i^* \\ & \text{subject to } \begin{cases} y_i - f(x_i) \leq \varepsilon + \xi_i^* \\ f(x_i) - y_i \leq \varepsilon + \xi_i \\ \xi_i, \xi_i^* \geq 0, i = 1, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (13)$$

Để tìm kiếm hàm hạt nhân và giá trị C tối ưu cho mô hình SVM, nghiên cứu thực hiện các thử nghiệm với các giá trị C khác nhau và các loại hàm hạt nhân đa dạng. Quá trình này nhằm xác định cấu hình mang lại sai số mô hình thấp nhất, đảm bảo hiệu suất tốt nhất..

(-) Thuật toán độ dốc tăng cường (Gradient extrem boot-Boosted)

Thuật toán độ dốc tăng cường (Gradient Boosting) là một phương pháp tối ưu hóa mạnh mẽ được thiết kế để cải thiện hiệu suất của các mô hình phân loại hoặc hồi quy yếu, biến chúng thành một mô hình phân loại mạnh. Quá trình này bắt đầu bằng việc xây dựng một mô hình đầu tiên từ dữ liệu huấn luyện, sau đó tạo một mô hình kế tiếp để sửa lỗi từ mô hình trước. Các mô hình mới tiếp tục được thêm vào dần dần cho đến khi tập dữ liệu được dự đoán chính xác hoặc đạt đến giới hạn số mô hình tối đa [166]. Điểm đặc biệt của Gradient Boosting là thay vì khớp trực tiếp giá trị mục tiêu y , thuật toán tập trung vào việc khớp giá trị sai số từ mô hình trước đó. Một cây quyết định nhỏ, được xác định bởi độ sâu d , được sử dụng để giảm dần phần dư, giúp cải thiện mô hình dự báo $\hat{f}$ tại những khu vực chưa được dự báo tốt. Các bước trong quá trình huấn luyện mô hình theo phương pháp tăng cường được tóm tắt như sau:

Trước tiên, ta khởi tạo hàm dự báo $\hat{f}(x) = 0$ và đặt phần dư $r_0 = y$ cho toàn bộ dữ liệu trong tập huấn luyện. Tiếp theo, tiến hành lặp lại quá trình xây dựng cây quyết định theo trình tự $b = 1, 2, \dots, B$, với mỗi vòng lặp bao gồm các bước sau [156]:

- + Khớp một cây quyết định $\hat{f}^b$ có độ sâu là trên tập huấn luyện (X, r_b)
- + Cập nhật $\hat{f}$ bằng cách cộng thêm vào giá trị dự báo của một cây quyết định, giá trị này được nhân với hệ số λ , như ở công thức (14):

$$\hat{f}(x) = \hat{f}(x) + \lambda \hat{f}^b(x) \quad (14)$$

+ Cập nhật phần dư cho mô hình, công thức (15):

$$r_{b+1} = r_b - \lambda \hat{f}^b(x) \quad (15)$$

Thuật toán sẽ ngừng cập nhật khi số lượng cây quyết định chạm mức tối đa B hoặc khi tất cả quan sát trong tập huấn luyện được dự đoán chính xác [156].

+ Dự báo thu được từ chuỗi mô hình là sự tổng hợp các mô hình thành phần, được biểu diễn theo công thức (16):

$$\hat{f}(x) = \sum_{b=1}^B \lambda \hat{f}^b(x) \quad (16)$$

(-) Thuật toán cây phân loại và hồi quy (Classification and regression tree-CART)

Thuật toán CART (Classification and Regression Trees) chia không gian gồm nhiều chiều mà không chồng lấn thông qua quá trình đệ quy. Ban đầu, biến độc lập “ x_i ” được chọn, và giá trị ngưỡng u_i tương ứng được xác định. Dựa trên ngưỡng này, không gian được phân chia thành 02 vùng: một vùng với các điểm thỏa mãn $x_i < u_i$, và vùng còn lại thỏa mãn $x_i > u_i$. Trong đó, đối với biến không liên tục, quá trình phân chia dựa trên các giá trị bằng hoặc khác nhau. Quá trình này được lặp lại đệ quy, khi mỗi vùng con lại được chọn một thuộc tính khác và tiếp tục phân chia không gian tới khi đạt điều kiện dừng. Tiêu chí chọn thuộc tính dựa trên hệ số *GINI* nhỏ nhất, biểu thị mức độ thuần nhất của dữ liệu trong vùng đó. Đối với tập dữ liệu D , hệ số *GINI* sẽ được tính bằng công thức (17) để tối ưu hóa phân vùng [156].

$$GINI \times (D) = 1 - \sum_i p_i^2 \quad (17)$$

Ở đây, k đại diện cho số nhóm mẫu, còn p_i thể hiện xác suất một mẫu thuộc vào nhóm i . Hệ số *GINI* nếu càng nhỏ thể hiện chất lượng mẫu sẽ càng cao và khả năng phân loại mô hình sẽ càng tốt. Trong cây Decision, cấu trúc bao gồm các nút và lá, với mỗi nút đại diện cho một điều kiện phân chia và mỗi lá biểu thị kết quả cuối cùng. Số lượng các lá tối đa trên mỗi cây được gọi là nút tối đa, trong khi QT lá tối thiểu để cập đến số lượng điểm dữ liệu nhỏ nhất cần thiết để tạo một nút mới từ tập training. Để đưa ra một cây quyết định hiệu quả, cần đủ số lượng nút và nhánh để đảm bảo mô hình phản ánh tốt cấu trúc của dữ liệu. Nếu không giới hạn, giá trị của nút tối đa mặc định là không bị ràng buộc, cho phép cây phát triển cho đến khi đạt điều kiện dừng hoặc toàn bộ dữ liệu được phân loại hoàn toàn [167].

(-) Thuật toán Maxent trên GEE

Thuật toán MaxEnt dựa trên nguyên lý entropy tối đa, nhằm tìm phân bố xác suất của loài sao cho phân bố này phù hợp với dữ liệu hiện diện đã biết, đồng thời giữ mức độ giả định thấp nhất có thể về dữ liệu chưa biết. Thuật toán này sử dụng các điểm hiện diện cùng với các điểm nền (background points) hoặc điểm giả vắng mặt

để phân biệt điều kiện môi trường thuận lợi và không thuận lợi cho loài. Trên Google Earth Engine, MaxEnt được cung cấp dưới dạng lớp phân loại ee.Classifier.amnhMaxent [103]. Người dùng có thể tạo bộ phân loại MaxEnt bằng cách cung cấp dữ liệu huấn luyện là các điểm hiện diện (presence = 1) và giả vắng mặt (absence = 0) kèm theo các biến môi trường (như ảnh vệ tinh, nhiệt độ, độ ẩm, v.v.) làm đặc trưng đầu vào. Sau đó, mô hình sẽ phân loại và tạo ra bản đồ xác suất xuất hiện của loài trên phạm vi nghiên cứu.

c. Đánh giá mô hình và lựa chọn thuật toán

Đánh giá độ chính xác của mô hình: Khi xây dựng mô hình, việc lựa chọn thuật toán phù hợp là cần thiết vì các thuật toán khác nhau có thể đưa ra kết quả khác nhau. Để đánh giá hiệu suất của các mô hình này, chỉ số AUC (Area Under the Curve) thường được sử dụng do khả năng đo lường hiệu quả phân biệt giữa các điểm có sự hiện diện và vắng mặt của loài. Tập dữ liệu về các điểm phân bố loài được chia thành hai phần: 75% dùng để xây dựng mô hình và 25% còn lại dùng để kiểm tra. Để đo lường hiệu suất dự đoán, diện tích dưới Area Under the Curve (đường cong AUC) của biểu đồ Receiver Operating Characteristic (đường cong đặc trưng hoạt động của bộ thu nhận ROC) được sử dụng [168, 169]. Trong đó: AUC=0,8-0,9: mô hình dự đoán tốt; AUC=0,9-1: mô hình dự đoán rất chính xác [142, 154]. Xây dựng các mô hình cho giai đoạn hiện tại sử dụng các thuật toán như trên đã đề cập. Thuật toán có giá trị AUC cao nhất sẽ được lựa chọn để xây dựng mô hình dự đoán cho quá khứ và tương lai theo các Kịch bản BĐKH.

Đánh giá chỉ số phù hợp môi trường HSI: Kết quả mô hình cho ra các bản đồ dạng raster với các chỉ số phù hợp môi trường là HSI (Habitat suitability index) từ 0-1. Mức độ phù hợp sinh thái của loài sau đây gọi là HSI index được đánh giá thông qua 4 cấp: Cấp 1: không thích hợp (0-0,2), Cấp 2: mức thấp (0,2-0,4), Cấp 3: trung bình (0,4-0,6), Cấp 4: thích hợp cao (0,6- 0,8), Cấp 4: thích hợp rất cao (0,8-1) [170].

d. Một số kỹ thuật phục vụ xây dựng mô hình và hiển thị bản đồ

+ *JavaScript:* Ngôn ngữ lập trình chính trong môi trường Code Editor, hỗ trợ xử lý dữ liệu viễn thám quy mô lớn, cho phép theo dõi sự thay đổi của lớp phủ mặt đất theo không gian và thời gian. GEE cũng được sử dụng để triển khai các thuật toán học máy dựa trên các tham số đầu vào nhằm xây dựng mô hình [104].

+ *Loại bỏ tương quan đa biến:* Sử dụng hàm ee.Reducer.pearsonsCorrelation trong GEE giúp tính toán hệ số tương quan Pearson giữa các chuỗi giá trị pixel trong tập dữ liệu đầu vào. Phương pháp này hỗ trợ lựa chọn các biến môi trường phù hợp cho mô hình, đồng thời loại bỏ các biến có tương quan cao ($r > 0,85$), nhằm hạn chế

hiện tượng tương quan đa biến. Từ 357 cá thể sau khi loại bỏ tương quan còn 117 điểm phân bố Xá xị được đưa vào mô hình [171, 172].

+ *Loại bỏ các điểm trùng lặp hoặc nằm gần nhau trong bán kính 1km*: Sử dụng hàm `ee.Filter.withinDistance` trong GEE giúp làm sạch dữ liệu phân bố loài, đảm bảo tính chính xác trong các mô hình sinh thái và dự báo phân bố loài [172].

+ *Bản đồ*: Sử dụng QGIS version 3.34.14 [173] để biên tập các Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái cho loài Xá xị nhằm hiển thị các kết quả dự đoán chỉ số phù hợp (HSI: Habitat suitability index) ở các giai đoạn trong lịch sử đến hiện tại và tương lai. Bản đồ được xây dựng cho toàn bộ phần lục địa của Việt Nam, sử dụng dữ liệu nền địa lý của Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam. Dữ liệu phân vùng STLN và các tiểu vùng theo dữ liệu dạng số trên nền tảng Mapinfo của Vũ Tấn Phương (2012) [143].

2.3.5. Phân tích đa dạng di truyền

(Phương pháp được thực hiện cho nội dung 3)

- *Tách chiết ARN tổng số*: Mẫu sinh học (lá, thân) của loài Xá xị (Hình 2.1 C,D) phá vỡ tế bào trong Nitơ lỏng bằng máy Mill MM400. Sử dụng OmniPlant ARN Kit (DNase I) để tách chiết ARN tổng số theo chỉ dẫn của NSX Chất lượng ARN được kiểm tra điện di bằng agarose 1,2% với thuốc nhuộm là Runsafe (Mỹ). Hàm lượng ARN được xác định bằng spectrophotometer ND-2000 Nanodrop (Mỹ).

- *Tách chiết ADN tổng số*: Tất cả 208 mẫu thu thập được ở Bảng 2.3. được phá vỡ tế bào trong Nitơ lỏng bằng máy Mill MM400. Sử dụng 50mg bột mẫu để tách ADN bằng bộ kit DNATM Miniprep Plus Kit (Mỹ) theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

- *Phương pháp điện di kiểm tra sản phẩm ARN trên gel agarose 1,2%*: Các phân tử ARN có khối lượng và khác nhau về điện tích sẽ được tách ra di chuyển từ cực âm sang tới cực dương trong một điện trường ổn định có hiệu điện thế thích hợp của máy điện di. Cân 1,2 (g) agarose pha với 100 mL dung dịch TAE 1X. Đun cho đến khi tan hoàn toàn agarose trong dung dịch. Để dung dịch nguội khoảng 50-60°C, đổ vào khay điện di đã cài sẵn lược, chờ cho gel đông lại. Đặt khay vào bể điện di và rút lược khỏi gel. Tra mẫu vào các giếng điện di. Điện di với hiệu điện thế 60-80V. Dựa vào vị trí của vạch dye để ngừng quá trình điện di. Sau khi điện di xong, gel agarose được lấy ra và ngâm vào trong dung dịch có chứa ethidium bromide trong 15 phút. Soi kiểm tra kết quả trên tia UV và chụp ảnh.

- *Phương pháp định lượng ARN tổng số*: Xác định được hàm lượng và độ sạch của ARN ở bước sóng 260nm và 280nm bằng máy spectrophotometer ND-2000

Nanodrop (Mỹ). Độ sạch ARN = OD260nm/OD280nm. (Nếu độ sạch ARN = 1,8-2,0 thì mẫu được coi là sạch)

- *Phương pháp giải trình tự thế hệ mới (NGS)*: Mẫu mARN được gửi sang công ty Beijing Nuoheyuan Technology Co., Ltd, Trung Quốc thiết lập thư viện cDNA và giải trình tự trên máy HiSeq4000 (Illumina).

- *Tìm kiếm, đánh giá, phân tích các vùng trình tự lặp lại đơn giản (simple sequence repeats - SSR)*

Công cụ web MISA được sử dụng để xác định các microsatellite (simple sequence repeats, SSR), với các thông số thiết lập bao gồm: 20 lần lặp cho mononucleotide, 6 lần lặp cho dinucleotide, trinucleotide, tetranucleotide, pentanucleotide và hexanucleotide [174]. Dựa trên các đoạn lặp lại đơn giản, các cặp mồi SSR đã được thiết kế bằng Primer-BLAST [175] hoặc primer 3.0 (Untergasser và cs, 2012). Các thông số để thiết kế các đoạn mồi PCR như sau: (1) độ dài đoạn mồi (18 đến 22 bp); (2) kích thước sản phẩm PCR (100-300 bp); (3) nhiệt độ nóng chảy từ 50°C đến 70°C, với 55°C là nhiệt độ gắn kết tối ưu; và (4) hàm lượng GC (40-60%), với mức tối ưu là 50%. Sau khi thiết kế mồi, hiệu quả khuếch đại và đa hình của cặp mồi được đánh giá bằng phản ứng PCR-SSR.

- *Phản ứng PCR-SSR*: Thể tích phản ứng trong mỗi giếng là 25µl: 2µl ADN khuôn, 12,5µl đệm 2X MasterMix, 1µl mỗi loại mồi 10µM và 9,5µl nước tinh sạch. Phản ứng PCR được thực hiện bằng máy luân nhiệt 200 Thermocycler theo điều kiện như sau: 5 phút tại nhiệt độ biến tính ban đầu là 95°C, 35 vòng lặp với nhiệt độ biến tính 94°C trong thời gian 30', nhiệt độ bắt mồi là 55°C trong thời gian 60', pha kéo dài là 72°C trong thời gian 60'. Kết thúc phản ứng tại 72°C trong thời gian 10 phút và lưu giữ sản phẩm ở điểm 4°C. Sản phẩm PCR-SSR được tiến hành điện di trên gel polyacrylamide 6% để xác định mức độ đa hình và kích thước alen của cặp mồi. Sau đó, chọn lọc mồi microsatellites (SSR) đa hình để phân tích ĐDDT quần thể và loài Xá xị. Phân tích đoạn (Fragment size analysis) giữa các mẫu để xác định kích thước alen được thực hiện trên hệ thống 5.300 Fragment Analyzer (Agilent) với bộ kit Agilent DNF-905 dsDNA (1-500 bp) (Agilent) bằng phần mềm phân tích dữ liệu ProSize.

2.3.6. Phân tích dữ liệu giải trình tự hệ gen phiên mã

(Phương pháp được thực hiện cho nội dung 3)

a. Kiểm tra chất lượng giải trình tự hệ gen phiên mã: Chất lượng trình tự được kiểm tra bằng phần mềm FastQC v0.10.0. Chức năng của phần mềm FastQC là cung cấp một cách đơn giản nhất để kiểm soát chất lượng của dữ liệu trình tự thô được tạo

ra từ công nghệ giải trình tự thế hệ mới. Phần mềm này có khả năng phân tích, xử lý nhanh để đưa ra các vấn đề gặp phải trong chuỗi trình tự thô, giúp định hướng cho các bước xử lý tiếp theo. Kết quả được đưa ra dưới dạng biểu đồ và bảng, chỉ ra cụ thể vùng nào của trình tự thô có thể gặp vấn đề (Bảng 2.5).

Bảng 2.5. Điểm phred và độ chính xác của trình tự nucleotide

Điểm phred	Khả năng xuất hiện lỗi	Độ chính xác của trình tự
10	1/10	90%
20	1/100	99%
30	1/1.000	99,9%
40	1/100.000	99,99%
50	1/1.000.000	99,999%

Người ta sử dụng điểm phred để đánh giá độ chính xác của trình tự. Điểm phred được ký hiệu là Q, được tính bằng công thức $Q = -10 \log_{10} P$, trong đó P là khả năng xuất hiện lỗi của base. Theo đó, nếu điểm phred là 30, ký hiệu là Q30, thì khả năng xuất hiện lỗi là 1/1000, có nghĩa là độ chính xác của trình tự là 99,9%. Điểm phred Q20 nghĩa là khả năng xuất hiện lỗi là 1/100, hay độ chính xác của trình tự thu được là 99%, đồng nghĩa với việc cứ 100 nucleotide thì có khả năng xuất hiện lỗi ở 1 nucleotide. Khi trình tự đạt đến điểm Q30 có nghĩa là hầu như các read đều đạt đến sự hoàn hảo, không xuất hiện lỗi (Bảng 2.5).

b. Lắp ghép, nhận dạng, sàng lọc và thiết kế, tổng hợp các cặp môi SSR cho loài: Nghiên cứu sử dụng phần mềm chuyên dụng như Trimmomatic v3.0 [176], Trinity [177], TIGR Gene Indices clustering tools (TGICL) v2.1 [178], MISA (MicroSAtellite identification tool) [179], Primer 7.0 [180].

c. Phân tích đa dạng gen và cấu trúc quần thể: Trong nghiên cứu ĐDDT quần thể, các thông số di truyền giúp đánh giá ĐDDT và cấu trúc di truyền QT: P đo lường tỷ lệ locus có từ hai alen trở lên, Np thể hiện alen đặc trưng của QT, Na và Ne đánh giá sự đa dạng alen quan sát và alen đặc hiệu. He và Ho giúp xác định mức độ dị hợp tử thực tế và kỳ vọng, trong khi F_{IS} đo lường mức độ cận loài. Các tham số này được tính toán bằng phần mềm Arlequin v3.1, Genepop, Fstat 2.9.3 và GenAlex 6.5 [181-183]. Dị hợp tử quan sát được (H_o) = (Σ tần suất dị hợp tử mong đợi tại mỗi locus)/(số lượng cá thể khảo sát), Dị hợp kỳ vọng (H_e) = (Σ tần suất dị hợp tử kỳ vọng tại mỗi locus)/(tổng số locus khảo sát), hệ số sinh sản cận loài (F_{IS} - inbreeding coefficient)

được tính theo phương pháp của Weir và Cockerham. Thông tin đa hình (PIC) được tính toán theo công thức $PIC = 1 - \sum f_i^2$ (f_i : tần số alen).

Tần số alen lặn trong QT được xác định bằng phần mềm Micro-Checker theo phương pháp của Van Oosterhout và cs (2004) [184]. Hệ số cận noãn được điều chỉnh dựa trên tần số alen lặn, sử dụng mô hình cận noãn ở mức cá thể (IIM) và tính toán bằng phần mềm INEst [185]. Để kiểm định sự cân bằng Hardy-Weinberg (HWE) tại mỗi locus, phần mềm GENEPOP v.4.6 được sử dụng nhằm xác định xem QT có tuân theo phân bố di truyền mong đợi hay không. Ngoài ra, mức độ trao đổi di truyền giữa các QT, được biểu thị qua số lượng cá thể di cư trung bình mỗi thế hệ (N_m), được tính theo công thức $N_m = (1 - F_{st}) / 4F_{st}$, trong đó F_{st} là chỉ số đo lường sự khác biệt di truyền giữa các QT. Những phân tích này giúp đánh giá cấu trúc di truyền và mức độ kết nối giữa các QT [186].

Phân tích phương sai phân tử (AMOVA-Analysis of Molecular Variance) được sử dụng nhằm phân tích sự khác biệt hay không giữa nhóm và giữa các QT với nhau. Phân tích AMOVA được thực hiện bằng phần mềm Arlequin 3.1. Sử dụng BOTTLENECK ver. 1.2 software [187] để nhận định nút thắt cổ chai (Bottleneck) loài Xá xị bằng 2 mô hình: alen không xác định (IAM: Infinite Allele Model) và đột biến 2 giai đoạn (TPM: Two-Phase mutation Model). Phân tích nhóm dựa trên phương pháp Unweighted Pair group (UPGMA), được thực hiện bằng phần mềm POPTREE2 [188]. Cấu trúc di truyền được xử lý bằng phần mềm STRUCTURE ver. 2.3.4. Thông số được cài đặt với số lượng nhóm gen từ 1 đến 15 (giá trị k). Tại mỗi giá trị k , khối dữ liệu được lặp lại 15 lần độc lập với nhau với MCMC (Markov Chain Monte Carlo) = 1.000.000; burn-in = 100.000 và quyết định số lượng nhóm (clusters) được tính toán bằng hai phương pháp dựa trên khoảng cách $L(k)$ cao nhất theo Structure Harvester [189] dựa trên giá trị ΔK cao nhất [190]. Phân tích mối quan hệ giữa các QT cũng được thực hiện trên phân tích DAPC (discriminant analysis of principal component) dùng adegenet cho phần mềm R .v.4.0.2 [191]. Ma trận tương quan giữa khoảng cách địa lý và khoảng cách gen được thử bằng phép thử Mantel test, thực hiện trong phần mềm GenAlex 6.5.

2.3.7. Phương pháp tích hợp kết quả đánh giá đa dạng di truyền và mô hình sinh thái phục vụ công tác bảo tồn *(Phương pháp được thực hiện cho nội dung 4)*

Sử dụng phương pháp chồng lớp layer trên nền tảng phần mềm QGIS xác định các khu vực ưu tiên cho bảo tồn dựa trên sự kết hợp giữa kết quả đánh giá ĐDDT QT và mô hình (trong đó sản phẩm của mô hình là bản đồ phân hạng mức độ phù hợp

sinh thái cho loài Xá xị). Khi tích hợp hai nguồn dữ liệu này trên nền tảng hệ thống thông tin địa lý (GIS), nhà nghiên cứu có thể xác định các “điểm nóng di truyền” - nơi có giá trị di truyền cao và đồng thời phù hợp về sinh cảnh, cũng như các khu vực có nguy cơ suy giảm hoặc cô lập di truyền.

2.4. ĐÁNH GIÁ CHUNG

Đối tượng nghiên cứu tập trung vào loài Xá xị có giá trị kinh tế và bảo tồn nhưng hiện đang đối mặt với nguy cơ cực kỳ nguy cấp (CR A2acd) theo Sách đỏ Việt Nam (2024) và thuộc nhóm IIA Nghị định 84/2021/NĐ-CP do khai thác cạn kiệt, nạn phá rừng và suy giảm môi trường sống. Phương pháp ngoại nghiệp tập trung vào nghiên cứu tại thực địa ở 9 tỉnh thuộc 5 vùng STLN khác nhau, bao gồm mô tả đặc điểm hình thái loài, điều tra phân bố bằng cách lập các tuyến điều tra và ô tiêu chuẩn (OTC), nghiên cứu đặc điểm lâm học, điều tra cây bạn sống cùng, và thu thập mẫu sinh học từ 9 khu vực nghiên cứu. Phương pháp nội nghiệp bao gồm phân loại sinh cảnh rừng dựa trên hiện trạng, xác định tên loài cây, và phân tích cấu trúc tầng cây cao thông qua mật độ, tiết diện ngang, và chỉ số giá trị quan trọng (IVI%) để xác định loài ưu thế và cây bạn. Từ dữ liệu ngoại và nội nghiệp, mô hình đã được thiết kế nhằm xây dựng các Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái sử dụng đa dạng các tham số đầu vào để dự đoán cho giai đoạn hiện tại, quá khứ và tương lai. Mô hình được xây dựng bằng các thuật toán học máy khác nhau với độ chính xác được đánh giá thông qua chỉ số AUC. Bộ chỉ thị phân tử SSR được xác định từ dữ liệu giải trình tự (NGS) của loài Xá xị và ứng dụng chúng trong phân tích ĐDDT và cấu trúc di truyền QT Xá xị tại 5 vùng STLN Việt Nam. Kết hợp các phương pháp hiện đại và liên ngành nhằm xác định không gian ưu tiên bảo vệ và đề xuất giải pháp bảo tồn và phát triển nguồn gen loài Xá xị.

Chương 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. ĐẶC ĐIỂM HIỆN TRẠNG QUẦN THỂ XÁ XỊ PHÂN BỐ TRONG 5 VÙNG SINH THÁI LÂM NGHIỆP

3.1.1. Một số đặc điểm hình thái và sinh thái loài Xá xị

- *Đặc điểm nhận dạng hình thái thân và cành:* Loài Xá xị là cây gỗ (Hình 3.1), trong tự nhiên cây thường có kích thước trung bình hoặc lớn. Kết quả khảo sát đã bắt gặp các cây Xá xị có đường kính lớn ở Vùng STLN Tây Nguyên (khu vực GL và LD), vùng STLN Bắc Trung Bộ (khu vực TH) trong rừng tự nhiên; thân hình trụ có chiều cao vút ngọn $H_{vn} = 20-28m$, đường kính thân 106 cm. Thân cây hình trụ thẳng, phần thân dưới thường không có cành, vỏ ngoài có màu xám hoặc nâu xám đậm, xuất hiện các rãnh dọc hoặc vết nứt theo chiều thớ gỗ, dễ bong thành từng mảng mỏng theo thời gian. Khi cắt ngang thân hoặc bóc nhẹ lớp vỏ ngoài, phần thịt vỏ bên trong có sắc nâu đỏ nhạt, tỏa ra mùi thơm đặc trưng và dễ nhận biết của tinh dầu Xá xị (một đặc điểm phân biệt loài trong thực địa). Cành non có dạng tròn, đường kính tương đối lớn, bề mặt thô ráp, thường xuất hiện gờ dọc hoặc cạnh lồi nhẹ, màu lục xám hoặc lục nâu. Khi còn non, các cành và chồi mang màu xanh lục sáng, bề mặt nhẵn, đôi khi có lớp lông tơ mịn, dễ gãy giòn khi khô. Đối với cây con và các cá thể tái sinh bằng chồi từ gốc cây mẹ, thân cây có vỏ nhẵn, màu xám trắng hoặc xám lục, phần thịt vỏ có sắc hồng nhạt, cấu trúc mềm và mùi thơm Xá xị vẫn rõ nét, mặc dù cường độ thấp hơn so với cây trưởng thành.

Đặc điểm hình thái thân và cành, đặc biệt là mùi thơm của gỗ và vỏ (sự tích lũy tinh dầu thơm) là những chỉ tiêu sinh học định tính quan trọng hỗ trợ cho công tác giám định thực địa và nhận diện nhanh loài Xá xị, nhất là trong điều kiện rừng giàu loài thuộc họ Lauraceae có nhiều loài đồng hình.

- *Hình thái lá:* Cây Xá xị trưởng thành có lá mọc cách đơn nguyên, và tập trung chủ yếu ở đầu cành. Phiến lá có hình trứng ngược hoặc hình trái xoan thuôn, kích thước dao động từ 5-15cm về chiều dài và 2,5-8cm về chiều rộng, với kích thước trung bình là 6,4cm x 4,6cm. Lá có đầu nhọn, gốc lá hình nêm hoặc nêm rộng, và bề mặt hai mặt lá đều nhẵn. Gân bên của lá có từ 3 đến 8 đôi, kèm theo tuyến ở kẽ gân. Cuống lá mảnh, dài từ 1-3,6cm, đối với cây non hoặc cây tái sinh. Lá đơn mọc cách, thường có dạng bầu dục thuôn dài, với hai đầu lá nhọn dần, kích thước dao động từ 4,5-15cm x 4-10 cm, kích thước trung bình là 9cm x 6cm. Lá ở phần mặt trên có màu xanh lục, khá nhẵn, trong khi mặt dưới có thể có phần bạc hoặc màu xanh lục nhạt. Gân lá rõ nét trên cả hai mặt lá (Hình 3.1).



Hình 3.1. Loài Xá xị ở VQG Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc (vỏ, cây tái sinh, cành mang cụm hoa và quả)

- *Hình thái hoa và quả:* Cụm hoa mọc ở đầu cành hay nách lá hình dạng chùy hay tán; dài từ 5,5-12,3cm, mỗi cụm mang khoảng 15 hoa. Hoa bao hoa 6 thùy, màu trắng vàng, lưỡng tính; nhị hữu thụ 9, xếp thành 3 vòng, 2 vòng nhị ngoài không tuyến, 3 nhị vòng trong có 2 tuyến, không có chân; nhị lép 3. Bao phấn 4 ô. Quả hạch, hình cầu, có đường kính trung bình khoảng 0,75-1,23cm; đế hình chén. Mùa hoa tháng 5-7, mùa ra quả từ tháng 7-9, mùa quả chín tháng 9-12. Khi quả chín có màu tím đen (Hình 3.1).

Theo kết quả điều tra chúng tôi đã xác định được loài Xá xị đang sinh trưởng và phát triển tự nhiên tại 9 khu vực nghiên cứu nhưng số lượng còn khá hạn chế với 357 cá thể trưởng thành và 373 cây tái sinh, tập trung rải rác tại các VQG, khu BTTN, RĐĐ, RPH (Bảng 3.1; Bảng 3.4). Khu vực STLN Tây Nguyên loài Xá xị còn phân bố nhiều hơn so với các vùng STLN khác (Đông Bắc, Tây Bắc, Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ). Điều tra cũng chỉ ra rằng, trước thập niên 1990, Xá xị từng là loài cây phổ biến. Tuy nhiên, khai thác quá mức toàn bộ cây từ lá, thân đến rễ để lấy gỗ và sản xuất tinh dầu, cùng với khả năng tái sinh tự nhiên thấp, đã khiến số lượng và chất lượng loài này suy giảm đáng kể. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra một số đặc điểm của loài Xá xị tại 5 vùng STLN Việt Nam như sau:

- Ở vùng STLN Đông Bắc khu vực nghiên cứu được tiến hành tại các sinh cảnh rừng được nghiên cứu thuộc địa phận Rừng quốc gia Yên Tử, Quảng Ninh; VQG Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc; VQG Xuân Sơn, Phú Thọ (Bảng 3.1; Phụ lục 1; Phụ lục 4). Đặc trưng chung của các sinh cảnh tại Phú Thọ và Vĩnh Phúc là nhóm kiểu IIIB,

Quảng Ninh đặc trưng bởi cả IIIA và IIIB. Trong đó Quảng Ninh, với nhiều sinh cảnh rừng thứ sinh đã bị khai thác chọn kiệt, dẫn đến giảm sút chất lượng cây gỗ và ĐDSH, đồng thời cấu trúc rừng bị phá vỡ. Ở Vĩnh Phúc và Phú Thọ đã bị khai thác một phần gỗ quý và gỗ tốt, nhưng chưa chịu tác động đủ mạnh để thay đổi đáng kể cấu trúc ổn định của rừng, đặc trưng có Dẻ, Táo mặt quỷ, Pơ mu. Đặc trưng của vùng Đông Bắc là đồi núi thấp. Tổng số 10 ô tiêu chuẩn tại Rừng quốc gia Yên Tử Quảng Ninh 1000m² đã lập trên toàn bộ các tuyến điều tra đã phát hiện tổng số 19 cây Xá xị trưởng thành có đường kính bình quân ($\bar{D}_{1.3}$) đạt 21,98cm (11,2-35,7cm); Chiều cao vút ngọn trung bình ($\bar{H}_{vn}$) 20,35m (9,8-21,8m); Chiều cao dưới cành trung bình ($\bar{H}_{dc}$) 12,01m (4,315,3m); Đường kính tán trung bình ($\bar{D}_t$) 5,71m (3,85-7,15m). Tại VQG Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc cho thấy tổng số 32 cây Xá xị trưởng thành với $\bar{D}_{1.3} = 28,29\text{cm}$ (15,9-43,3cm); $\bar{H}_{vn} = 15,32\text{m}$ (10-23,3m); $\bar{H}_{dc} = 10,46\text{m}$ (5,3-16,5m); $\bar{D}_t = 5,62\text{m}$ (5,05-7,1m). Tại VQG Xuân Sơn, Phú Thọ cũng ghi nhận được tổng số 29 cây Xá xị trưởng thành trong 13 OTC với $\bar{D}_{1.3} = 22,07\text{cm}$ (13,7-50,3 cm); $\bar{H}_{vn} = 18,71\text{m}$ (8,1-24,1m); $\bar{H}_{dc} = 8,08\text{m}$ (2,5-17,3m); $\bar{D}_t = 5,71\text{m}$ (4,5-8 m).

- Ở vùng STLN Tây Bắc, khu vực nghiên cứu được tiến hành tại các sinh cảnh rừng được nghiên cứu thuộc địa phận Khu BTTN Thượng Tiến, Hòa Bình (Bảng 3.1; Phụ lục 1; Phụ lục 4). Địa hình trong khu vực khá đa dạng, bao gồm những dãy đồi núi có độ dốc trung bình, phần lớn diện tích là rừng mọc trên núi đá vôi. Đặc trưng chung của các sinh cảnh tại đây là nhóm kiểu IIIB. Kiểu thảm thực vật chủ yếu là rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới, song đã chịu tác động và bị khai thác một phần gỗ quý và gỗ tốt, nhưng chưa chịu tác động đủ mạnh để thay đổi đáng kể cấu trúc ổn định của rừng. Trong rừng vẫn tồn tại nhiều loài gỗ quý như lát hoa, nghiến, táu... Mặc dù có sự khai thác, kiểu rừng trong khu vực vẫn còn rừng với các loại gỗ lớn có giá trị cao. Kết quả thu được cho thấy tổng số 24 cây Xá xị trưởng thành trong 12 OTC có $\bar{D}_{1.3} = 24,79\text{cm}$ (9,2-31,5cm); $\bar{H}_{vn} = 17,27\text{m}$ (8,3-20,1m); $\bar{H}_{dc} = 7,77\text{m}$ (5,7-11,3 m); $\bar{D}_t = 5,22\text{m}$ (3,8-7,2m). Tuy nhiên, các cá thể Xá xị nằm rải rác trên các OTC, trong mỗi OTC có 2-3 cây, cá biệt có OTC đã bắt gặp tới 5 cây Xá xị trưởng thành và có OTC không gặp cá thể Xá xị trưởng thành nào.

- Ở vùng STLN Bắc Trung Bộ, khu vực nghiên cứu được tiến hành tại các sinh cảnh rừng được nghiên cứu thuộc địa phận KBTTN Xuân Liên, Thanh Hóa (Bảng 3.1; Phụ lục 1; Phụ lục 4). Đặc trưng chung của các sinh cảnh tại đây là nhóm kiểu IIIB, rừng tại đây là đã bị khai thác một phần gỗ quý và gỗ tốt nhưng chưa chịu tác động đủ mạnh để thay đổi đáng kể cấu trúc ổn định của rừng. Mặc dù có sự khai thác, kiểu rừng trong khu vực vẫn còn rừng với các loại gỗ lớn có giá trị cao: như các loài

họ Dầu (chò chỉ, tấu mặt quỷ, tấu muối), Lim Xanh, Vù hương, Lát hoa, Sao đen, Sưa và Pơ mu... Địa hình núi cao, núi trung bình xen núi thấp, nhiều dãy núi chạy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam. Tại đây đã lập tổng số 15 OTC trên các sinh cảnh rừng đã phát hiện được 29 cây Xá xị trưởng thành có $\bar{D}_{1.3} = 27,85\text{cm}$, tuy nhiên phân bố đường kính của các cây Xá xị tại đây không đồng đều, có những cây đạt tới hơn 106,5cm, có những cây chỉ đạt 7,1cm; $\bar{H}_{vn} = 13,01\text{m}$ (5,6-28m); $\bar{H}_{dc} = 8,62\text{m}$ (2,9-12,3m); $\bar{D}_t = 5,93\text{m}$ (2,3-10 m).

Bảng 3.1. Chỉ tiêu bình quân về sinh trưởng của Xá xị trưởng thành

Vùng STLN	Quần thể (thuộc TV STLN)	Số OTC	Sinh cảnh	Số cá thể	$\bar{D}_{1.3}$ (cm)	$\bar{H}_{vn}$ (m)	$\bar{H}_{dc}$ (m)	$\bar{D}_t$ (m)
Đông Bắc	QN (TV14)	10	IIIA, IIIB	19	21,98 (11,2-35,7)	20,35 (9,8-21,8)	12,01 (4,3-15,3)	5,71 (3,9-7,2)
	VP (TV12)	14	IIIB	32	28,29 (15,9-43,3)	15,32 (10-23,3)	10,46 (5,3-16,4)	5,62 (4-7,6)
	PT (TV12)	13	IIIB	29	22,07 (13,7-50,3)	18,71 (8,1-24,1)	8,08 (2,5-17,3)	5,71 (4,5-8)
Tây Bắc	HB (TV6)	12	IIIB	24	24,79 (9,2-31,5)	17,27 (8,3-20,1)	7,77 (5,7-11,3)	5,22 (3,8-7,2)
Bắc Trung Bộ	TH (TV20)	15	IIIB	29	27,85 (7,1-106,5)	13,01 (5,6-28)	8,62 (2,9-12,3)	5,93 (2,3-10)
Nam Trung Bộ	PY (TV25)	10	IIIA, IIIB	42	18,2 (12,1-30,5)	11,6 (9,5-19,5)	5,6 (2,2-8,1)	5,6 (3,8-7,9)
	QNm (TV25)	10	IIIA, IIIB	40	17,6 (7,3-40,1)	10,8 (5,1-16,9)	7,9 (3,7-10,5)	4,8 (1,5-9,5)
Tây Nguyên	LĐ (TV39)	12	IIIB	62	28,9 (10-43,5)	11,9 (4,1-18,2)	7,1 (0,5-17,5)	5,1 (2,5-11,5)
	GL (TV30)	15	IVA, IIIB,	80	35,7 (20,2-96)	18,9 (10,8-21,5)	10,5 (8,7-16,6)	7,8 (2,5-10,5)

Ghi chú: $\bar{D}_{1.3}$ (Giá trị đường kính ngang ngực trung bình); $\bar{H}_{vn}$ (Chiều cao vút ngọn trung bình); $\bar{H}_{dc}$ (Chiều cao dưới cành trung bình); $\bar{D}_t$ (Đường kính tán trung bình)

- Ở vùng STLN Nam Trung Bộ, khu vực nghiên cứu thuộc địa phận RPH Tây Giang, Quảng Nam và RPH Sông Hinh, Phú Yên (Bảng 3.1; Phụ lục 1; Phụ lục 4). Đặc trưng chung của các sinh cảnh tại đây là nhóm kiểu IIIA và IIIB. Địa hình đa dạng từ dạng địa hình núi cao và chia cắt mạnh tại Quảng Nam đến dạng địa hình núi thấp – trung bình xen đồi tại Phú Yên. Kiểu rừng trong khu vực vẫn còn rừng với các loại gỗ lớn có giá trị cao như Pơ mu ở Quảng Nam, Lim và Lim xanh ở Phú Yên... Kết quả đã phát hiện được 42 cây Xá xị trưởng thành trong 10 OTC có $\bar{D}_{1.3} = 17,6\text{cm}$ (7,3-40,1cm); $\bar{H}_{vn} = 10,8\text{m}$ (5,1-16,9m). $\bar{H}_{dc} = 7,9\text{m}$ (3,7-10,5 m); $D_t = 4,8\text{m}$ (1,5-9,5m). Tương tự kết quả điều tra 10 OTC tại rừng di sản Pomu huyện Tây Giang,

Quảng Nam xác định được 40 cây Xá xị trưởng thành với $\bar{D}_{1.3} = 17,6\text{cm}$ (7,3-40,1 cm); $\bar{H}_{vn} = 7,9\text{m}$ (5,1-16,9m); $\bar{H}_{dc} = 7,9\text{m}$ (2,2-8,1m); $\bar{D}_t = 5,6\text{m}$ (3,8-7,9m).

- Ở vùng STLN Tây Nguyên, khu vực nghiên cứu tại các sinh cảnh rừng được nghiên cứu thuộc địa phận khu vực rừng Núi Voi, Đức Trọng, Lâm Đồng và Khu BTTN Kon Chư Yăng, huyện Kbang, Gia Lai (Bảng 3.1; Phụ lục 1; Phụ lục 4). Các sinh cảnh tại khu vực này chủ yếu thuộc nhóm kiểu IIIB, còn lại là IVA. Thảm thực vật đặc trưng là rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới và á nhiệt đới. Trong HST rừng vẫn hiện diện nhiều loài gỗ quý hiếm như: Thông đỏ lá dài, Bạch tùng và Pơ mu... Kết quả xác định được 62 cây Xá xị trưởng thành trong 12 OTC khu vực rừng Núi Voi, Đức Trọng, Lâm Đồng với $\bar{D}_{1.3} = 28,9\text{cm}$ (10-43,5cm); $\bar{H}_{vn} = 11,9\text{m}$ (4,1-18,2m); $\bar{H}_{dc} = 7,1\text{m}$ (0,5-17,5m); $\bar{D}_t = 5,1\text{m}$ (2,5-11,5m). Tại Khu BTTN Kon Chư Yăng, huyện KBang, Gia Lai. Khu vực này còn rất nhiều cá thể Xá xị tự nhiên. Kết quả nghiên cứu phát hiện trong 15 OTC có khoảng 80 cá thể Xá xị với $\bar{D}_{1.3} = 35,7\text{cm}$ (20,2-96cm); $\bar{H}_{vn} = 18,9\text{m}$ (10,8-21,5m); $\bar{H}_{dc} = 10,5\text{m}$ (8,7-16,6m); $\bar{D}_t = 7,8\text{m}$ (2,5-10,5m).

Nhìn chung, QT Xá xị tại vùng Tây Nguyên thể hiện sinh trưởng tốt nhất về đường kính, vùng Nam Trung Bộ thường ghi nhận các chỉ tiêu thấp nhất. Về chiều cao, Xá xị ở Đông Bắc lại đạt chiều cao vút ngọn cao nhất (quần thể QN, 20,35 m). Mặc dù đường kính trung bình chỉ ở mức vừa phải, Bắc Trung Bộ lại ghi nhận các QT cây có cá thể đường kính lớn nhất. Sự phân hóa này cho thấy tiềm năng và hiện trạng QT Xá xị biến đổi mạnh mẽ theo vùng STLN.

*** Đặc điểm phân bố của Xá xị**

- *Phân bố loài Xá xị theo sinh cảnh rừng*: Kết quả khảo sát trên các tuyến chỉ ra loài Xá xị đa phần phân bố ở dạng rừng tự nhiên khép tán thuộc HST mưa nhiệt đới và thường xanh á nhiệt đới ở vùng núi thấp, cấu trúc rừng thường có một hay 2 tầng cây gỗ, đôi khi rừng có 3 tầng cây gỗ thuộc 3 loại sinh cảnh là: (1) IIIA (bị tác động mạnh, cấu trúc ổn định của rừng có thay đổi về cơ bản); (2) IIIB (bị tác động mạnh, ảnh hưởng đáng kể nhưng chưa làm biến đổi cấu trúc ổn định của rừng); (3) IVA (kiểu rừng nguyên sinh).

Kết quả điều tra cho thấy loài Xá xị chủ yếu sinh sống trong các HST rừng đã trải qua quá trình khai thác. Do đó, cấu trúc tự nhiên của rừng đã bị thay đổi đáng kể, dẫn đến sự suy giảm độ che phủ và ĐDSH. Riêng chỉ có QT tại Khu BTTN Kon Chư Yăng còn phân bố trong rừng nguyên sinh. Đây là các sinh cảnh rừng hầu hết thuộc phân khu bảo vệ nghiêm ngặt và phân khu phục hồi HST của các khu RĐD, RPH, khu BTTN và VQG. Độ tàn che của các trạng thái này thường từ 0,25-0,95. Tại khu vực này, cây bụi và thảm tươi thường có mật độ thưa, với độ che phủ trung bình

khoảng 40%. Chiều cao của tầng cây bụi và thảm tươi dao động từ 0,1 đến 1,5m, tùy thuộc vào điều kiện môi trường từng khu vực. Những nơi có lớp cây bụi và thảm thực vật phát triển dày đặc thường không phải là môi trường phân bố phổ biến của Xá xị. Loài này có xu hướng xuất hiện ở những nơi có độ che phủ thấp hơn, có nhiều không gian trống giúp cây con sinh trưởng và phát triển thuận lợi hơn.

Quá trình điều tra đã xác định được trước đây loài Xá xị trưởng thành có rất nhiều. Tuy nhiên, Xá xị đã bị khai thác đến mức cạn kiệt để cất tinh dầu trong những năm cuối thế kỷ 20. Hiện nay, một số gốc Xá xị còn lại do bị khai thác cây trưởng thành, cũng bị đào bới để làm cảnh, đồ mỹ nghệ hoặc đem bán. Có thể nói, trong tự nhiên Xá xị trưởng thành còn lại khá ít. Loài Xá xị tái sinh có thể được gặp phân bố lác đác ở một số điểm của các khu RDD.

- *Phân bố loài Xá xị theo sinh cảnh*: phân bố ở các sinh cảnh khác nhau như: rừng núi đất, núi đá vôi, ven suối, thung lũng, rừng hỗn giao gỗ - tre nứa, rừng thường xanh sau khai thác.

- *Phân bố loài Xá xị theo địa lý và địa hình*: có gặp loài Xá xị ở các dạng địa hình khác nhau như thung lũng, chân núi, sườn núi, hay đỉnh núi; nơi bằng phẳng, ít dốc hoặc rất dốc; cả sườn đông hay sườn tây.

- *Phân bố loài Xá xị theo đai cao*: Độ cao tuyệt đối (độ cao so với mực nước biển) là một trong những tiêu chí quan trọng, quyết định tới phân bố và phát triển của loài cây, do độ cao là yếu tố tự nhiên có liên quan đến hình thành lập địa, đặc điểm đất và các yếu tố khí hậu. Phân bố của Xá xị theo độ cao có sự khác biệt rất lớn đã được ghi nhận trong quá trình khảo sát, dao động từ 100-1.296m, tùy thuộc từng khu vực nghiên cứu. QT Xá xị tại 5 khu vực (HB, QN, VP, PT, PY) có phân bố ở độ cao <700m, còn lại (QNm, GL, LĐ và TH) phân bố >700m, cao nhất tới độ cao 1.296m tại xã A Xan, Tây Giang, Quảng Nam.

3.1.2. Cấu trúc rừng nơi có loài Xá xị phân bố

3.1.2.1. Công thức tổ thành tầng cây cao nơi có Xá xị phân bố

Công thức tổ thành (CTTT) tầng cây cao của các sinh cảnh rừng đã chỉ ra mức độ đa dạng về loài cây trong các sinh cảnh rừng được nghiên cứu (Bảng 3.2 và Phụ lục 2. Số liệu bảng 3.2), dao động từ 20 loài (Hòa Bình, Vĩnh Phúc và Quảng Ninh), 38 loài (Phú Thọ), 84 loài (Thanh Hóa), 92 loài (Lâm Đồng), 88 loài (Gia lai), 66 loài (Phú Yên) và 50 loài (Quảng Nam) trong đó có 3 loài cây chiếm ưu thế tuyệt đối (loài có IV $\geq 5\%$), tại các khu vực từ vùng STLN Tây Bắc vào tới vùng STLN Bắc Trung Bộ thường xuyên có mặt trong công thức tổ thành là Mỡ, Dẻ gai và Táo mặt quỷ.

Hai vùng STLN (Nam Trung Bộ và Tây Nguyên) có số lượng loài đa dạng hơn và số loài góp mặt trong công thức tổ thành rừng cũng cao hơn các khu vực khác (Phụ lục 3). Cụ thể, vùng STLN Tây Bắc (CTTT ở HB: $24,51M + 19,91Dg + 16,11Tmq + 5,02Pm + 34,45Lk$); vùng STLN Đông Bắc (CTTT ở PT: $23,79M + 16,69Dg + 11,59Tmq + 5,74Pm + 42,19Lk$; CTTT ở VP: $26,05M + 18,33Dg + 13,51Tmq + 42,11Lk$); vùng STLN Bắc Trung Bộ (CTTT ở TH: $13,76M + 13,61Dg + 12,47Tmq + 60,16Lk$); Vùng Nam Trung Bộ (CTTT ở PY: $13,97Sm + 12,72Chx + 8,36Trv + 7,01P + 5,43X + 5,13Du + 47,38Lk$; CTTT ở QNm: $27,6Pm + 15,4Ht + 10,3Ddd + 5,3Gt + 41,4Lk$); vùng STLN Tây Nguyên (CTTN ở LĐ: $11,1 K + 10,4 Tđl + 8,9 Dg + 8,4 Côm + 7,1 Gx + 5,6 Tđ + 5,01X + 43,49 Lk$; CTTN ở GL: $15,1 Ht + 8,5 Ct + 5,5 Chx + 6,3 Bt + 5,6 Tđ + 5,2X + 5,0 K + 48,8Lk$).

Bảng 3.2. Công thức tổ thành tầng cây cao của các sinh cảnh rừng nơi phân bố loài Xá xị

Vùng STLN	Quần thể (thuộc TV STLN)	Số OTC	Số loài	Số loài trong CTTT	Công thức tổ thành (CTTT)
Tây Bắc	HB (TV6)	12	20	4	$24,51M + 19,91Dg + 16,11Tmq + 5,02Pm + 34,45Lk$
Đông Bắc	PT (TV12)	13	38	4	$23,79M + 16,69Dg + 11,59Tmq + 5,74Pm + 42,19Lk$
	VP (TV12)	14	20	3	$26,05M + 18,33Dg + 13,51Tmq + 42,11Lk$
	QN (TV14)	10	20	3	$26,49M + 20,54Dg + 12,16Tmq + 40,81Lk$
Bắc Trung Bộ	TH (TV20)	15	84	3	$13,76M + 13,61Dg + 12,47Tmq + 60,16Lk$
Nam Trung Bộ	PY (TV25)	10	66	6	$13,97Sm + 12,72Chx + 8,36Trv + 7,01P + 5,43X + 5,13Du + 47,38Lk$
	QNm (TV25)	10	50	4	$27,6Pm + 15,4Ht + 10,3Ddd + 5,3Gt + 41,4Lk$
Tây Nguyên	LĐ (TV39)	12	88	7	$11,1 K + 10,4 Tđl + 8,9 Dg + 8,4 Côm + 7,1 Gx + 5,6 Tđld + 5,01X + 43,49 Lk$
	GL (TV30)	15	92	7	$15,1 Ht + 8,5 Ct + 5,5 Chx + 6,3 Bt + 5,6 Tđ + 5,2X + 5,0 K + 48,8Lk$

(Trong đó: Du: Dung; Dg: Dẻ gai; Ddd: Dâu da đất; Chx: Chò xốt; Ct: Cọng tia; Gt: Gáo trắng; Gx: Giổi xanh; Ht: Hồng tùng; K: Kháo; M: Mỡ; P: Phay; Pm: Pơ mu; Sm: Sến mật; Tmq: Táu mặt quỷ; Tđl: Thông đà lạt; Tđld: Thông đỏ lá dài; Tđ: Trâm đỏ; Trv: Trâm vối; X: Xá xị; Lk: Loài khác).

Bên cạnh đó, Xá xị cũng góp mặt trong công thức tổ thành loài ở số ít các tỉnh đại diện thuộc các vùng STLN Nam Trung Bộ (PY) và vùng STLN Tây Nguyên (GL). Nguyên nhân tại các khu vực này, hệ thực vật rừng còn tương đối đa dạng, trữ lượng các loài còn tương đối lớn trong đó có Xá xị, những cây có đường kính trên 100cm còn nhiều. Ngược lại ở các tỉnh VP, PT, TH cũng có cây Xá xị với đường kính lớn từ 80-100cm nhưng số lượng ít, chỉ bắt gặp vài cây lẻ tẻ trên các tuyến điều tra.

3.1.2.2. *Mối quan hệ giữa loài Xá xị với các loài cây ưu thế trong các sinh cảnh rừng*

Trong HST rừng các loài sinh vật luôn có mối quan hệ tương tác hai chiều với nhau. Loài Xá xị có thể tồn tại và phát triển mạnh mẽ trong môi trường tự nhiên không chỉ nhờ vào khả năng thích nghi với các yếu tố lập địa như đất đai, nước, và khí hậu, mà còn bởi sự tương tác và hòa hợp với các loài thực vật khác trong HST. Đây là kết quả của một quá trình chọn lọc tự nhiên dài lâu, trong đó loài Xá xị dần hình thành các mối quan hệ cộng sinh hoặc đối kháng với những loài cây khác, giúp nó duy trì sự tồn tại và phát triển bền vững trong một QT thực vật đa dạng. Sự phát triển này không chỉ giúp Xá xị hòa nhập vào HST mà còn tạo nên một mạng lưới sinh thái ổn định, nơi các loài tương tác và hỗ trợ lẫn nhau. Trong nghiên cứu mô hình của loài Xá xị, việc hiểu rõ các loài cây đi kèm đóng vai trò quan trọng. Các loài cây này có thể ảnh hưởng đến sự phát triển, sự sinh trưởng, hoặc khả năng sinh sản của loài Xá xị thông qua các yếu tố như cạnh tranh nguồn dinh dưỡng, không gian sống. Kết quả điều tra ô 6 cây chỉ ra mối quan hệ giữa loài Xá xị và các loài cây đi kèm được tổng hợp trong phụ lục 4, trong số đó có 8 loài có tần suất lặp lại nhiều nhất: Xá xị, Pomu, Trâm trắng, Trúc tiết, Xoan nhừ, Sao đen, Thôi ba, Mỡ (Bảng 3.3).

+ Vùng STLN Đông Bắc:

QN: Đã phát hiện 15 loài cây gỗ mọc cùng Xá xị trong khoảng cách tương đối từ 1,2-7,5m như: Bách xanh (*Calocedrus macrolepis* Kurz), Bứa (*Garcinia oblongifolia* Champ. ex Benth), Chẹo tía (*Engelhardtia chrysolepis* Hance), Trâm trắng (*Syzygium wightianum* Wight et Arn), Trứng gà (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore & Stearn) và Vạng trứng (*Endospermum chinense* Benth),...

VP và PT: Đã phát hiện được 38 cây mọc cùng với Xá xị trong khoảng cách tương đối từ 1,5-9,8m như: Chẹo tía (*Engelhardtia chrysolepis* Hance), Côm trâu (*Elaeocarpus floribundus* Blume), Kháo xanh (*Cinnadenia paniculata* (Hook.f.)

Kosterm), Trâm trắng (*Syzygium wightianum* Wight et Arn), Vải rừng (*Nephelium cuspidatum* Blume), Vù hương (*Cinnamomum balansae* Lecomte), ...

+ Vùng STLN Tây Bắc:

HB: Đã phát hiện 15 loài mọc kèm với Xá xị trong khoảng cách từ 1,7-8,5m là: Chò chỉ (*Parashorea chinensis* H. Wang), Bông bạc (*Vernonia arborea* Buch.), Dẻ gai lá nhỏ (*Castanopsis acuminatissima* (Bl.) A.DC.), Mỡ (*Manglietia conifera* Dandy), Móng bò hoa đỏ (*Bauhinia purpurea* L.), Sồi dầu cứng (*Fagus longipetiolata* Seemen), Thôi ba (*Alangium tonkinense* Gagnep), Trâm trắng (*Syzygium wightianum* Wight et Arn), Vù hương (*Cinnamomum balansae* Lecomte), ...

+ Vùng STLN Bắc Trung Bộ:

TH: Đã phát hiện 28 loài cây gỗ hay mọc cùng Xá xị trong khoảng cách tương đối từ 1,1-6,5 m là: Bứa (*Garcinia oblongifolia* Champ.), Bưởi bung (*Glycosmis pentaphylla* (Retz.) Correa.), Chua khét (*Dysoxylum cyrtobotryum* Miq.), Lim xanh (*Erythrophleum fordii* Oliv.), Long bàn (*Anogeissus acuminata* (Roxb. ex DC.) Guill.), Máu chó lá to (*Knema pierrei* Warb.), Mỡ (*Manglietia conifera* Dandy), Nhội (*Bischofia javanica* Blume (*B. trifoliata* (Roxb.) Hook. f.)), Pơ mu (*Fokienia hodginsii* (Dunn) A.Henry & H.H.Thomas), Táu mặt quỷ (*Hopea chinensis* (Merr.) Hand.-Mazz.), Thàn mát (*Millettia ichthyochtona* Drake), Thôi ba (*Alangium chinense* (Lour.) Harms), Trắc xanh (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre), Trám chim (*Canarium tramdenanum* Dai & Yakovl.), Trâm tía (*Syzygiumzeylanicum* (L.) DC.), Trâm trắng (*Syzygiumwightianum* Wight et Arn.), Xoan ta (*Melia azedarach* L.),...

+ Vùng STLN Nam Trung Bộ:

PY: Đã phát hiện 27 loài cây gỗ hay mọc cùng Xá xị trong khoảng cách tương đối từ 1,0-5,5m là: Cóc rừng (*Spondias pinnata* (L. f.) Kurz), Bời lời chân dài (*Litsea longipes* (Meisn.) Hook. f.), Chiết tam lang (*Barringtonia pauciflora*), Chò xót (*Schima wallichii* (DC.) Korth.), Đắng (*Schefflera heptaphylla* (L.) frodin), Lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum*), Lộc vùng (*Barringtonia* sp.), Phay (*Duabanga sonneratioides* Ham), Re gừng (*Cinnamomum obtusifolium* (Roxb) Nees), Rẻ hương (*Cinnamomum iners* Reinw. ex Blume), Thị lá dài rộng (*Diospyros latisejala* Ridl.), Thị lác, vẩy ốc (*Diospyros filitendula* Pierre ex Lecomte), Thị láng (*Diospyros nitida*), Trai (*Fagraea fragrans* Roxb.), Trai lý (*Fagraea fragrans* Roxb.), Trâm trắng

(*Syzygium wightianum* Wight et Arn.), Vàng anh (*Saraca dives* Pierre), Vạng trứng (*Endospermum chinensis*), Xoay (*Dialium cochinchinensis*), ...

QNm: Đã phát hiện 27 loài cây gỗ hay mọc cùng Xá xị trong khoảng cách tương đối từ 1,1-5,4m là: Kha tử (*Terminalia chebula* Retz.), Bùm búp nâu lá ô (*Mallotus peltatus* (Geiseler) Müll.Arg.), Bưởi bung ít gân (*Macclurodendron oligophlebia* (Merr.) T.G.Hartley), Côm bắc bộ (*Elaeocarpus tonkinensis* DC.), Đa chai (*Ficus callosa* Willd.), Dâu da đất (*Baccaurea ramiflora* Lour.), Đinh hùng bắc (*Gomphostemmachinense* Oliv.), Gáo trắng (*Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosser), Chò nhai (*Anogeissus acuminata* (Rob. ex DC.) Wall. ex Guillem. & Perr.), Lá nển (*Macaranga denticulata* Müll.Arg.), Lòng mang (*Pterospermum pierrei* Hance), Màng tang (*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.), Mít rừng (*Artocarpus chaplasha* Roxb.), Ngát (*Gironniera subaequalis* Planch.), Quế ô đước (*Cinnamomum curvifolium* (Lour.) Nees),....

+ Vùng STLN Tây Nguyên:

GL: Đã phát hiện được 37 loài mọc cùng với Xá xị trong khoảng cách từ 0,8-7,8 m như: Ba bét (*Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg), Cà di xoan (*Lyonia ovatifolia* (Wall.) Drude.), Cà đuối (*Dehaasia annamensis* Kost.), Cách (*Premna cumingiana* Shau.), Chân chim (*Schefflera lenticellata* Shang.), Chanh óc (*Microdesmis caseariaefolia* Planch. ex Hook.), Chắp xanh lá to (*Beilschmiedia ferruginea* Liouho.), Chò xót (*Schima wallichii* (DC.) Korth.), Chôm chôm rừng (*Nephelium hypoleucum* Kurz.), Côm (*Elaeocarpus griffithii* (Wight) A. Gray), Còng tía (*Calophyllum calaba* L. var *bracteatum* Stevens.), Đa hương (*Polyosma annamensis* Gagnep.), Dẻ lỗ (*Lithocarpus fenestratus* (Roxb.) Rehd.), Dung (*Symplocos atriolivacea* Merr. & Chun.ex Li.), Gáo (*Neolamarckia cadamba* (Roxburgh) Bosser), Gội nếp (*Aglaia spectabilis* (Miq.) Jain et Bennet.), Gội nước (*Aphanamixis polystachya* (Wall.) J.N. Parker), Kháo (*Machilus parviflora* Meisn.),...

LĐ: Đã xác định được 37 loài cây mọc cùng với Xá xị trong khoảng cách tương đối từ 1,1-8,7 m như: Bứa (*Garcinia oblongifolia* Champ.), Cánh lò (*Betula alnoides* Ham.), Chẹo tía (*Engelhardtia chrysolepis* Hance), Chẹo trắng (*Engelhardtia roxburghiana* Lindl er Wall.), Chò nhai (*Anogeissus acuminata* (Roxb. ex DC.) Wall.), Côm tầng (*Elaeocarpus griffithii* (Wight) A.Gray), Dạ nâu (*Chaetocarpus castanocarpus* (Roxb.) Thw.), Đại phong tử gai (*Hydnocarpus ilicifolia* King), Dền

(*Xylopia vielana* Pierre), Giồi xanh (*Michelia mediocris* Dandy), Gụ mật (*Sindora siamensis* Teijsm. et Miq.), Kháo lá mũi giáo (*Phoebe lanceolata* (Nees) Nees), Kháo suối (*Neolitsea umbelliflora* Bl), Kháo vàng (*Machilus bonii* H. Lec.), Lá nển (*Macaranga denticulata* (Blume) Muell.Arg.), Lọng bàng (*Dillenia turbinata* Fin. & Gagnep.), Lưỡi nai lá to (*Itea macrophylla* Wall.), Mả ca thái lan (*Buchanania siamensis* Miq.), Me (*Tamanindus indica* L.), Muồng đen (*Sena siamea* Lamk.),....

Bảng 3.3. Một số loài đặc trưng, sống cùng Xá xị trong các sinh cảnh rừng

TT	Tên loài		Tây Bắc	Đông Bắc	Bắc Trung Bộ	Nam Trung Bộ	Tây Nguyên	Tổng Vùng
1	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	x	x	x	x	x	5
2	Pomu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	x	x	x	x	x	5
3	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	x	x	x	x	x	4
4	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	x	x	x		x	4
5	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.)	x	x	x		x	4
6	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	x	x	x		x	4
7	Thôi ba	<i>Alangium</i> spp.	x	x	x		x	4
8	Mỡ	<i>Manglietia</i> spp.	x	x	x		x	4

Ghi chú: x là có ghi nhận sự xuất hiện của loài.

3.1.2.3. Cấu trúc tầng thứ khu vực loài Xá xị phân bố

Điều tra trên các tuyến rừng và OTC đã làm rõ thảm thực vật ở những nơi có loài thuộc các kiểu rừng thứ sinh, rừng kín thường xanh mưa mùa nhiệt đới, hoặc rừng kín thường xanh mưa á nhiệt đới núi thấp. Đặc điểm thảm thực vật phổ biến là rừng thứ sinh sau khai thác, có sự phân tầng không liên tục, cây gỗ tầng cao có mật độ thấp phổ biến các loài thuộc họ Dẻ (*Fagaceae*), Ngọc Lan (*Magnoliaceae*), Chè (*Theaceae*), Vang/Trinh nữ (*Mimosaceae*), Đậu (*Fabaceae*)....; tầng cây gỗ nhỏ tái sinh

sau thời gian dài ngừng khai thác có mật độ khá cao, chiều cao 7-15m, đường kính 10-30cm; Tầng cây bụi và thực vật ngoại tầng (ký sinh, dây leo) khá phát triển, các loài chủ yếu thuộc họ Dừa (Pandanaceae), Sim (Myrtaceae), Mua (Melastomataceae), Mộc hương (Aristolochiaceae), Giềng (Zingiberaceae), Na (Anonaceae), Ráy (Araceae), Lan (Orchidaceae), Gấm (Gesneriaceae)... Cấu trúc rừng nơi có loài Xá xị phân bố thể hiện 3 phân tầng cơ bản (không có tầng vượt tán). Phân tầng 1 và 3 hình thành rõ nét, phân tầng 2 có tính phân mảnh.

Tầng tạo tán (tầng ưu thế sinh thái A2): cao từ 15-23m, đôi khi đạt 25m phụ thuộc từng khu vực, độ tàn che thường từ 0,5-0,85. Tán lá dày sít, tiếp xúc nhau, hình ovan, đôi khi hình trụ hay hình ôvan dẹt, bán kính tán phổ biến từ 2-4m, hiếm khi đạt 5-6m. Đường kính thân 60-80cm, có một vài cây đạt đường kính đến 100cm. Mật độ cây gỗ tầng cao khá thưa (khoảng 200-300 cây/ha). Chiếm số lượng nhiều nhất trong thảm là các loài họ Dẻ (Fagaceae), Chi Giỏi (*Michelia*) thuộc họ Ngọc Lan (Magnoliaceae), họ Đỗ Quyên (Ericaceae), họ Kim Giao (Podocarpaceae),... cụ thể một số loài như: Dẻ cau, Mò roi, Dẻ gai bắc bộ, Trâm trắng, Bứa lá nhỏ, Dọc, Kháo lá to, Côm tầng, Xoan nhừ, Gội nếp, Trám trắng, Vạng trứng, Chẹo tía, Thành ngạnh, Thầu tẩu, Rẻ, Bò đề bắc bộ, Dung giấy, Chè đuôi lợn, v.v.

Tầng dưới tán: có đường kính $D_{1.3}$ trung bình từ 15-40 cm, chiều cao từ 5-15m là tầng có số lượng cây tập trung nhiều nhất, gồm nhiều loài khác nhau, mật độ khá thưa, chỉ khoảng 150-200 cây/ha. Tại tầng này có một số loài cây đặc trưng thuộc các họ Trúc đào, Thầu dầu, Đậu, Cà phê, Dâu tằm, Téch, Cam v.v. (cụ thể là Ót rừng, Ót sừng lá nhỏ, Mua đất, Lầu, Bò cu vẽ, Bọt ếch. Ngoài ra, một số loài khác tham gia vào tầng này như Trúc núi, Đỏ ngọn, Ba gạc, Mấu đơn, v.v.

Tầng cây bụi thảm tươi: Có chiều cao dưới 5m. Thành phần loài khá đa dạng, như loài thuộc họ Cà Phê (Rubiaceae), họ Hòa thảo (Poaceae) và tầng cây bụi, thảm tươi thuộc các họ Dương xỉ (Polypodiaceae), họ Lan (Orchidaceae), họ Hòa thảo (Poaceae),... bao gồm chủ yếu các loài Bông bét trắng (*Mallotus barbatus* Muell et Arg), Ba gạc (*Rauvolfia verticillata* (Lour.) Baill.), Ót sừng, Mua đất, Lầu, Bò cu vẽ, Mấu đơn, Đơn nem, Bọt ếch, Hoa dẻ thơm, Dương xỉ thân gỗ, Mua, Rứa gai, Hương bài, Cỏ lá tre, Tóc thần vệ nữ, Thường sơn, Ráy, Quyết lá dừa, Dương xỉ, Guột, Thu hải đường, Thơm lồm, Nghê trâu, Cỏ xước, Chuối rừng, Mía dò, Sẹ, Cao cẳng, Gừng gió, Ráng seo gà, Cỏ thỏ, Mâm xôi,...

Thực vật ngoại tầng: Chủ yếu là các loài họ Cau dừa (Arecaceae), Kim cang (Smilacaceae), Củ nâu (Dioscoreaceae), họ Na (Annonaceae), Đậu (Fabaceae), Vang (Caesalpinioideae), Cà phê (Rubiaceae), Trinh nữ (Mimosoideae), Ráy (Araceae),

Dương xỉ (Polypodiaceae). Điển hình như Dây dất na, Dây hoa dẻ, Kim cang dây, Ráy leo, Dây sưa, Bòng bong các loại, Dây móng bò, Dây thềm bép,...

Kết quả tại Bảng 3.4 cho thấy mật độ của loài Xá xị thấp nhất ở khu vực TH và QN với 19 cây/ha và cao nhất là 53 cây/ha (khu vực GL). Đường kính ngang ngực phản ánh mức độ trưởng thành của cây rừng và toàn bộ sinh cảnh rừng theo mặt phẳng nằm ngang. Tại các khu vực Tây Nguyên, đường kính bình quân của rừng đạt tới 36,61cm, lớn hơn những khu vực khác. Đặc biệt, ở đây còn tồn tại số lượng lớn cây Xá xị có kích thước tương đối lớn, đồng đều, đường kính bình quân đạt tới 35,7cm, tổng tiết diện ngang của chúng đạt tới 5,34m²/ha (khu vực GL) và 3,39m²/ha (khu vực LĐ). Mật độ cây rừng ở vùng STLN Nam Trung Bộ và Tây Nguyên lớn hơn các khu vực khác, đặc biệt là khu vực LĐ và GL mật độ tới 715 cây/ha (khu vực GL), 605 cây/ha (khu vực LĐ). Các nơi khác có mật độ cây rừng thấp hơn, thấp nhất là 476 cây/ha (khu vực QN).

Bảng 3.4. Một số đặc trưng cơ bản của loài Xá xị và các loài cây gỗ trong cùng sinh cảnh rừng

Vùng STLN	Tỉnh đại diện	N (cây/ha)		G (m ² /ha)		$\bar{D}_{1.3}$ (cm)	
		Xá xị	Toàn bộ sinh cảnh rừng	Xá xị	Toàn bộ sinh cảnh rừng	Xá xị	Toàn bộ sinh cảnh rừng
Đông Bắc	PT	22	531	0,93	25,69	22,07±6,79	23,54±7,88
	VP	23	573	1,51	35,51	28,29±6,71	26,89±8,13
	QN	19	476	0,78	23,02	21,98±6,60	23,54±7,84
Tây Bắc	HB	20	548	1,03	30,64	24,79±6,31	25,6±7,48
Bắc Trung Bộ	TH	19	518	1,67	27,61	27,85±18,23	25,91±9,63
Nam Trung Bộ	PY	42	594	1,09	25,65	18,2±6,05	24,25±7,12
	QNm	40	578	0,97	23,90	17,6±5,59	23,74±6,15
Tây Nguyên	LĐ	52	605	3,39	35,74	28,9±6,45	30,97±7,55
	GL	53	715	5,34	36,05	35,70±6,94	36,61±8,94

3.1.3. Đặc điểm tái sinh tự nhiên của loài Xá xị và lâm phần nơi có loài Xá xị phân bố

3.1.3.1. Đặc điểm tái sinh tự nhiên của loài Xá xị

Khả năng tái sinh của loài phản ánh sức sống, tiềm năng duy trì và phát triển QT, vai trò trong cấu trúc – động thái rừng, cũng như khả năng phục hồi HST sau tác động trong tương lai của khu rừng và làm cơ sở cho việc đề xuất bảo tồn các loài quý hiếm.

Trong nghiên cứu này, số lượng cây Re hương tái sinh, chất lượng và nguồn gốc cây tái sinh, tỷ lệ cây triển vọng đã được chúng tôi thống kê trong bảng 3.5.

Chúng tôi đã bắt gặp cây Xá xị tái sinh trong hầu hết các OTC đã được thiết lập, và thống kê được có tổng số 373 cây (Bảng 3.5; Hình 3.2). Các cây Xá xị tái sinh ở mỗi OTC được phân chia theo các cấp chiều cao: dưới 20cm; từ 20-100cm và trên 100cm để điều tra. Tại thời điểm nghiên cứu, hầu hết các cây điều tra được đều cao từ trên 20cm trở lên, trong đó có tới 140 cây tái sinh thuộc cấp chiều cao >100cm, đây là lượng cây tái sinh có khả năng cạnh tranh cao với thực bì để vươn lên, đa số cây tái sinh thuộc cấp chiều cao từ 20-100cm (229 cây), đây là lượng cây tái sinh có khả năng cạnh tranh với thực bì để vươn lên yếu hơn. Khả năng tái sinh chồi của Xá xị tại 5 vùng STLN là thấp, ngược lại, khả năng tái sinh hạt của Xá xị tại đây tương đối mạnh mẽ. So sánh các vùng STLN nhận thấy rằng ở vùng STLN Tây Nguyên, số lượng cây Xá xị tái sinh nhiều hơn so với các vùng STLN khác. Các cây tái sinh ở thời điểm điều tra đa phần đều có chất lượng tốt chiếm trên 50%, riêng ở quần thể HB tỷ lệ cây có chất lượng tốt khá thấp (22,08%) (Bảng 3.5).

Bảng 3.5. Kết quả điều tra cây Xá xị tái sinh tại các lâm phần nghiên cứu

Vùng STLN	Ký hiệu quần thể	Số OTC	Số lượng cây tái sinh theo cấp chiều cao (cây/ô)				Chất lượng cây tái sinh (%)			Nguồn gốc (%)		Tỷ lệ cây triển vọng (%)
			<20 c m	20-100 c m	>100 c m	Tổng	Tốt	Trung bình	Xấu	Hạt	Chồi	
Đông Bắc	QN	10	0	12	43	55	74,17	25,83	0	95,42	4,58	80,07
	VP	14	0	43	4	47	29,74	70,26	0	96,54	3,46	9,23
	PT	13	0	17	15	32	60,15	39,85	0	94,55	5,45	52,58
Tây Bắc	HB	12	1	28	27	56	22,08	77,92	0	79,31	20,69	49,17
Bắc Trung Bộ	TH	15	0	32	1	33	59,24	40,76	0	81,52	18,48	67,73
Nam Trung Bộ	PY	10	0	15	7	22	62,73	37,27	0	94,1	5,9	40,91
	QN _m	10	0	18	5	23	22,81	77,19	0	100	0	26,09
Tây Nguyên	LĐ	12	1	18	22	41	73,17	26,83	0	90,9	9,1	65,85
	GL	15	2	46	16	64	81,88	18,12	0	96,2	3,8	65,63
Tổng		111	4	229	140	373						

Cây tái sinh có triển vọng là những cây phát triển tốt, không cong queo, sâu bệnh, cụt ngọn hay héo úa, chiều cao đạt từ 100cm trở lên. Theo số liệu điều tra được, tỷ lệ cây Xá xị tái sinh có triển vọng đều đạt trên 50% tại các vùng nghiên cứu, tuy

nhiên cũng có những tỉnh tỷ lệ này lại chiếm rất thấp như VP (9,23%), Quảng Nam (26,09%), HB (49,17%). Nguyên nhân chủ yếu do các cây tái sinh tại các địa điểm này đa phần đều có chất lượng phát triển trung bình, điều kiện sinh trưởng không quá thuận lợi... mặt khác, chiều cao các cây đa số dưới 100cm, chưa nhìn thấy được khả năng cạnh tranh với thực bì tại thời điểm nghiên cứu nên khó dự đoán được sự phát triển trong tương lai.



Hình 3.2. Hình ảnh loài Xá xị tái sinh từ hạt và chồi tại KBTTN Kon Chư Răng, tỉnh Gia Lai

3.1.3.2. Mật độ và tổ thành cây tái sinh của lâm phần nơi có loài Xá xị phân bố

Tổ thành tầng cây tái sinh là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá tính ổn định, bền vững, đa dạng của cây rừng, mối quan hệ giữa các loài cây với nhau và giữa chúng với môi trường sống xung quanh. Nếu tổ thành cây tái sinh phong phú, chứng tỏ cây rừng được sinh trưởng trên điều kiện lập địa tốt và các nhân tố môi trường cũng tạo điều kiện thuận lợi cho sự sinh trưởng và phát triển của tầng cây tái sinh. Thêm vào đó, khi đánh giá chất lượng rừng trong tương lai chúng ta cần chú ý tới các loài cây có giá trị. Do vậy, qua công thức tổ thành của tầng cây tái sinh có thể điều chỉnh tổ thành cho phù hợp với mục đích kinh doanh và phòng hộ lâu dài. Kết quả nghiên cứu tổ thành cây tái sinh ở các ODD được tổng hợp trong Bảng 3.6. Xác định tỷ lệ tổ thành (N%) của các loài cây tái sinh trong khu vực nghiên cứu, $N\% \geq 5\%$ thì loài đó được tham gia vào công thức tổ thành; $N\% < 5\%$ thì loài đó không được tham gia vào công thức tổ thành. Qua bảng 3.6 cho thấy, tại các tỉnh thuộc vùng Đông Bắc, Tây Bắc,

Bắc Trung Bộ và Tây Nguyên đều có sự góp mặt của loài Xá xị trong CTTT cây tái sinh, trong khi đó CTTT cây tái sinh của lâm phần tại 2 tỉnh Phú Yên và Quảng Nam (vùng Nam Trung Bộ) thì không có sự góp mặt của loài này.

Bảng 3.6. Mật độ và tổ thành cây tái sinh tại các lâm phần có loài Xá xị phân bố

Vùng STLN	Ký hiệu quần thể	Mật độ tái sinh (Cây/ha)	H _{vn}	Công thức tổ thành loài
Đông Bắc	QN	475	132,04	1,66D + 1,16X + 1,03M + 1,51CD + 0,51Tht + 4,13LK (Trong đó: D: Dẻ; X: Xá xị; M: Mỡ; CD: Chò Đãi; Tht: Thấu thấu; Lk: Loài khác).
	VP	397	66,97	2,49D + 1,24M + 1,85X + 4,42LK (Trong đó: D: Dẻ; M: Mỡ; X: Xá xị; Lk: Loài khác)
	PT	357	95,10	,66D + 1,16MR + 0,93THV + 0,93TD + 0,82S + 0,73TC + 0,73XG + 0,71CM + 0,69X + 1,64LK (Trong đó: D: Dẻ; MR: Mua rừng; THV: Trà hoa vàng; TD: Trọng đũa; S: Sồi; TC: Trám chim; XG: Xương gà; CM: Chòi mòi; X: Xá xị; LK: Loài khác)
Tây Bắc	HB	485	108,39	1,72D + 1,96M + 1,56X + 4,76LK (Trong đó: D: Dẻ; M: Mỡ; X: Xá xị; Lk: Loài khác)
Bắc Trung Bộ	TH	429	48,43	2,10D + 1,95M + 0,92S + 0,51Đ + 0,51X + 4,01LK (Trong đó: D: Dẻ; M: Mỡ; S: Sồi; Đ: Đinh; X: Xá xị; LK: Loài khác)
Nam Trung Bộ	PY	476	109,52	2,80Trv + 1,06Chx + 0,87Bt + 0,59Lx + 4,68Lk (Trong đó: Trv: Trâm vối; Chx: Chò xót; Bt: Búi tán; Lx: Lim xẹt; Lk: Loài khác)
	QNm	462	76,68	2,91Ddd + 1,62S + 1,40Trh + 0,41Gt + 3,66Lk (Trong đó: Ddd: Dâu da đất; S: Sồi; Trh: Trầm hương; Gt: Gáo trắng; Lk: Loài khác)
Tây Nguyên	LĐ	445	92,11	2,64K + 1,82Tdl + 1,53Sđ + 0,56X + 3,45Lk (Trong đó: K: Kháo; Tdl: Thông Đà Lạt; Sđ: Sao đen; X: Xá xị; Lk: Loài khác)
	GL	512	127,14	2,39Tr + 1,71Gi + 1,54Q + 0,16X + 4,20Lk (Trong đó: Tr: Trắc; Gi: Giỏi; Q: Quế; X: Xá xị; Lk: Loài khác)

Mật độ cây tái sinh đều không cao, dao động từ 357 cây/ha (PT) đến 512 cây/ha (GL) thuộc tái sinh tự nhiên yếu đến rất yếu, số lượng cây tái sinh ít, phân bố thưa, không đồng đều, khả năng phục hồi rừng thấp nếu không có biện pháp hỗ trợ. Ngoài việc phụ thuộc vào khả năng tái sinh của từng loài, có những loài khả năng tái sinh tự nhiên rất kém, thì một trong những nguyên nhân dẫn đến tình trạng tái sinh yếu của các loài cây tại khu vực nghiên cứu có thể do việc bảo vệ nghiêm ngặt các loài cây bản địa, các cơ quan chức năng đã tiến hành dọn bỏ thực bì thường niên để việc kiểm kê, bảo vệ các loài cây này được dễ dàng, do đó gây ảnh hưởng không nhỏ tới việc tái sinh của các loài cây nơi đây, dẫn tới tình trạng tái sinh yếu kém. Mặt khác, có thể các biện pháp kỹ thuật lâm sinh được áp dụng để bảo tồn các loài cây mẹ và ổn định sinh trưởng cho cây con tái sinh chưa được áp dụng phù hợp nên dẫn đến tình trạng tái sinh yếu của lâm phần.

3.2. MÔ HÌNH PHÂN BỐ LOÀI XÁ XỊ CHO CÁC THỜI KỲ TRONG QUÁ KHỨ, HIỆN TẠI VÀ TƯƠNG LAI THEO CÁC KỊCH BẢN BĐKH

3.2.1. Thuật toán, tham số môi trường nhằm tối ưu mô hình phân bố loài

3.2.1.1. Tham số đầu vào mô hình phân bố loài (SDM)

Sau khi đánh giá sự tương quan giữa các tham số và loại bỏ các hiện tượng đa cộng tuyến, cuối cùng 17 tham số trong bộ 4 tham số (F1-F4) sau đây được lựa chọn để đưa vào xây dựng mô hình trên tổng số 25 biến trong Bảng 2.4 được thu thập ban đầu, cụ thể:

- Bộ tham số khí hậu (F1) gồm 11 biến: Bio02, Bio03, Bio04, Bio05, Bio06, Bio07, Bio14, Bio15, Bio16, Bio18, Bio19.
- Bộ tham số thổ nhưỡng (F2) gồm 2 biến: silt, soil type.
- Tham số thảm thực vật (F3) gồm 1 biến: tree.
- Bộ tham số địa hình (F4) gồm 3 biến: ele, slope, aspect.

3.2.1.2. Lựa chọn thuật toán

Triển khai lần lượt 11 mô hình sử dụng 5 thuật toán học máy, kết quả các mô hình được so sánh dựa trên chỉ số đánh giá độ chính xác là AUC (Bảng 3.7):

Dự đoán rất chính xác: Model-3 sử dụng thuật toán RF trên GEE đạt AUC cao nhất (AUC=0,92) với bộ tham số F1 và loại mô hình Presence-Absence (Bảng 3.7).

Dự đoán tốt: Các mô hình có AUC từ 0,8-0,9 bao gồm 4 Model (Model1, Model2, Model4, Model5). Trong đó cả hai mô hình Model1 và Model2 dùng thuật

toán RF, công cụ GEE, loại mô hình Presence-Absence, tuy nhiên Model 1 dùng tổ hợp biến môi trường F1+F4, Model2 dùng tổ hợp biến môi trường F1+F2 (Bảng 3.7).

Dự đoán tốt vừa: Các mô hình có AUC = 0,7-0,8 bao gồm 2 Model (Model8, Model11). Cả hai mô hình đều là loại mô hình Presence-Only và tổ hợp môi trường F1, nhưng Model8 dùng công cụ GEE, Model11 dùng công cụ Maxent (Bảng 3.7).

Dự đoán trung bình: Các mô hình có AUC = 0,6-0,7 bao gồm 4 Model (Model6, Model7, Model9, Model10) (Bảng 3.7).

Hiệu quả mô hình theo thuật toán: Random Forest (RF) cho kết quả tốt nhất: Model3 đạt AUC cao nhất (0,92) chỉ với biến F1 → chứng tỏ biến F1 có giá trị dự báo cao. Việc thêm biến (F2, F3, F4) không cải thiện đáng kể, thậm chí làm AUC giảm nhẹ (Model1: 0,89; Model2: 0,86). Boosting cũng có hiệu quả khá tốt (0,86), tương đương với RF có nhiều biến đầu vào. CART ở mức trung bình (0,82), phù hợp với kỳ vọng của một mô hình cây quyết định đơn giản. SVM và Maxent thấp hơn đáng kể: SVM không phù hợp (0,68); Maxent có AUC thấp khi dùng Presence-Absence (0,63-0,66).

Ảnh hưởng của kiểu dữ liệu huấn luyện: Maxent hoạt động tốt hơn với “Presence Only” (Model-8 và Model-11: AUC = 0,74), đúng tính năng thiết kế của Maxent. Khi áp dụng Maxent cho dữ liệu Presence-Absence (Models-7, Model-9, Model-10) thì AUC giảm mạnh (0,63-0,66).

Về bộ biến môi trường: F1 là biến có ảnh hưởng lớn nhất vì: Model3 (RF, chỉ F1): AUC = 0,92; Model-4 (Boosting, chỉ F1): AUC = 0,86. Thêm các biến F2, F3, F4, cho kết quả không tăng AUC, có thể gây nhiễu hoặc dư thừa.

Mô hình tối ưu: Model-3 (Random Forest, chỉ F1) có độ chính xác cao nhất, nên ưu tiên sử dụng cho phân tích chính thức. Nếu dùng Maxent, chỉ nên áp dụng cho dữ liệu *Presence-Only* như Model-8 và 11. Tránh sử dụng Maxent hoặc SVM cho dữ liệu Presence-Absence, vì hiệu suất thấp.

Phù hợp với những phát hiện này, thuật toán RF cũng thể hiện sự vượt trội so với tám thuật toán học máy khác trong nghiên cứu của Lorena và cs (2011) khi xây dựng các mô hình cho nhiều loài thực vật đạt được độ chính xác AUC từ 0,82 đến 0,96 [192]. Trong một nghiên cứu khác tại Việt Nam, các tác giả đã sử dụng Google Earth Engine để mô hình loài Sao đen (*Hopea odorata*) bằng 4 thuật toán học máy (RF, SVM, CART và Boosting), với thuật toán RF mang lại kết quả chính xác nhất [193].

Bảng 3.7. Kết quả các mô hình đã được thử nghiệm với các công cụ và bộ tham số môi trường khác nhau

Tên mô hình	Thuật toán	Công cụ phân tích	Bộ tham số môi trường	Kiểu dữ liệu	AUC
Model-1	RF	GEE	F1 + F2 + F3 + F4	Presence-Absence	0,89
Model-2	RF	GEE	F1+F2	Presence-Absence	0,86
Model-3	RF	GEE	F1	Presence-Absence	0,92
Model-4	Boosting	GEE	F1	Presence-Absence	0,86
Model-5	CART	GEE	F1	Presence-Absence	0,82
Model-6	SVM	GEE	F1	Presence-Absence	0,68
Model-7	Maxent	GEE	F1	Presence-Absence	0,64
Model-8	Maxent	GEE	F1	Presence	0,74
Model-9	Maxent	GEE	F1 + F2	Presence-Absence	0,66
Model-10	Maxent	GEE	F1 + F2 + F3 + F4	Presence-Absence	0,63
Model-11	Maxent	Maxent	F1	Presence Only	0,74

3.2.2. Vùng phù hợp sinh thái của loài Xá xị ở giai đoạn hiện tại

Kết quả của các mô hình thể hiện qua các *bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái* cho loài, trong đó kết quả thuật toán cho ra các kết quả là các bản đồ chỉ số phù hợp về mặt sinh thái HSI (Habitat Suitability Index). HSI được chia thành 5 cấp độ sử dụng công cụ Discrete Classes trong phần mềm QGIS [140] nhằm phân loại và hiển thị dữ liệu raster thành các lớp rời rạc (discrete) dựa trên giá trị của pixel.

Kết quả chỉ ra rằng loài Xá xị phân bố tự nhiên, chủ yếu ở các vùng: Vùng STLN Đông Bắc (Zone II), Tây Bắc (Zone III), Bắc Trung Bộ (Zone IV), Nam Trung Bộ (Zone V), Tây Nguyên (Zone VI) (Hình 3.5). Toàn Việt Nam được phân loại 5 cấp: phù hợp rất cao ($HSI > 0,8$), phù hợp cao ($HSI: 0,6 - 0,8$), phù hợp trung bình ($HSI: 0,4 - 0,6$), phù hợp thấp ($HSI: 0,2 - 0,4$), rất thấp ($HSI < 0,2$) cho loài Xá xị, lần lượt diện tích là 48.371 km², 54.226 km², 38.839 km², 42.950 km² và 137.384,93 km².

3.2.3. Vùng sinh thái phù hợp của loài Xá xị theo các kịch bản khí hậu

Các khu vực phù hợp về mặt sinh thái cho loài Xá xị đã có những biến động đáng kể từ thời kỳ cuối Kỷ Băng hà Cuối cùng (LGM) cho đến giai đoạn Mid-Holocene (MH) và tới hiện tại:

+ **Thời kỳ LGM:** vùng HSI cao chủ yếu tập trung ở vùng STLN Đồng bằng Bắc Bộ (Zone I), Đông Bắc (Zone II), Bắc Trung Bộ (Zone IV), phần phía Bắc Nam Trung Bộ (Zone V) tại TV25, 26, trong đó có QN vẫn tồn tại đến giai đoạn hiện tại

(HT); một phần nhỏ vùng STLN Tây Bắc (Zone III) trong đó có HB vẫn tồn tại đến giai đoạn hiện tại (HT); Tây Nguyên có diện tích khá nhỏ ở TV38 (Hình 3.3).

+ **Thời kỳ MH:** vùng HSI cao mở rộng xuống phía nam, trải dài toàn bộ lãnh thổ từ vùng STLN Zone I đến VII. Trong đó có sự mở rộng thêm rõ rệt của các QT thuộc vùng STLN Zone VI. Vùng Zone V có sự suy giảm diện tích phù hợp rất cao, tuy nhiên diện tích phù hợp cao lại được mở rộng xuống toàn bộ phía nam của Zone V, trong đó PY vẫn tồn tại đến giai đoạn HT (Hình 3.4).

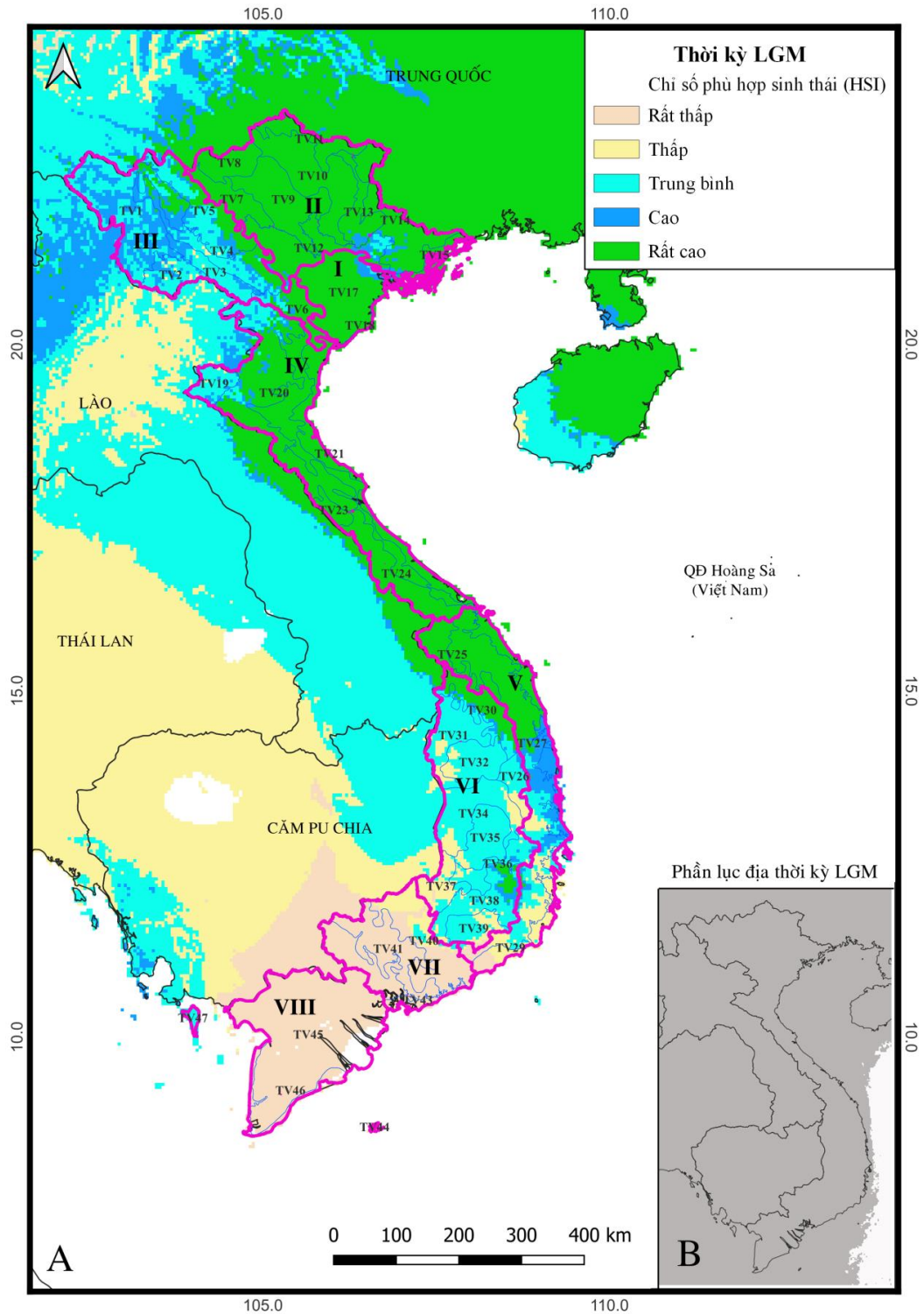
+ **Giai đoạn hiện tại (HT):** giai đoạn này với sự suy giảm nghiêm trọng của vùng STLN Zone III, V và VI trong đó nghiêm trọng nhất là Zone V, VI, với sự ảnh hưởng rõ rệt lên các quần thể ở GL, LD, PY và QN (Hình 3.5).

+ **Giai đoạn LGM đến MH:** đại diện cho giai đoạn băng tan, nhiệt độ khu vực ấm dần lên là nguyên nhân chủ yếu mở rộng diện tích phù hợp sinh thái cho loài ở Zone VI và Zone VII. (Hình 3.6) .

+ **Giai đoạn MH đến hiện tại HT:** Giai đoạn MH, nhiệt độ toàn cầu trung bình cao hơn hiện tại khoảng 0,5-1°C ở nhiều khu vực. So với MH, giai đoạn HT, nhiệt độ giảm nhẹ trong phần lớn giai đoạn do sự suy giảm bức xạ Mặt Trời mùa hè và tích tụ băng ở các cực, lượng mưa giảm [45]. Đại diện cho giai đoạn này cho thấy sự thu hẹp vùng HSI cao của Zone VI và Zone III, thay vào đó dịch chuyển sang phía Zone II. Ngoài ra, giai đoạn này chứng kiến sự mất phần lớn vùng sinh thái phù hợp của Tây Nam Bộ (Zone VII) (Hình 3.7), mặc dù Lâm Đồng không bị ảnh hưởng đáng kể.

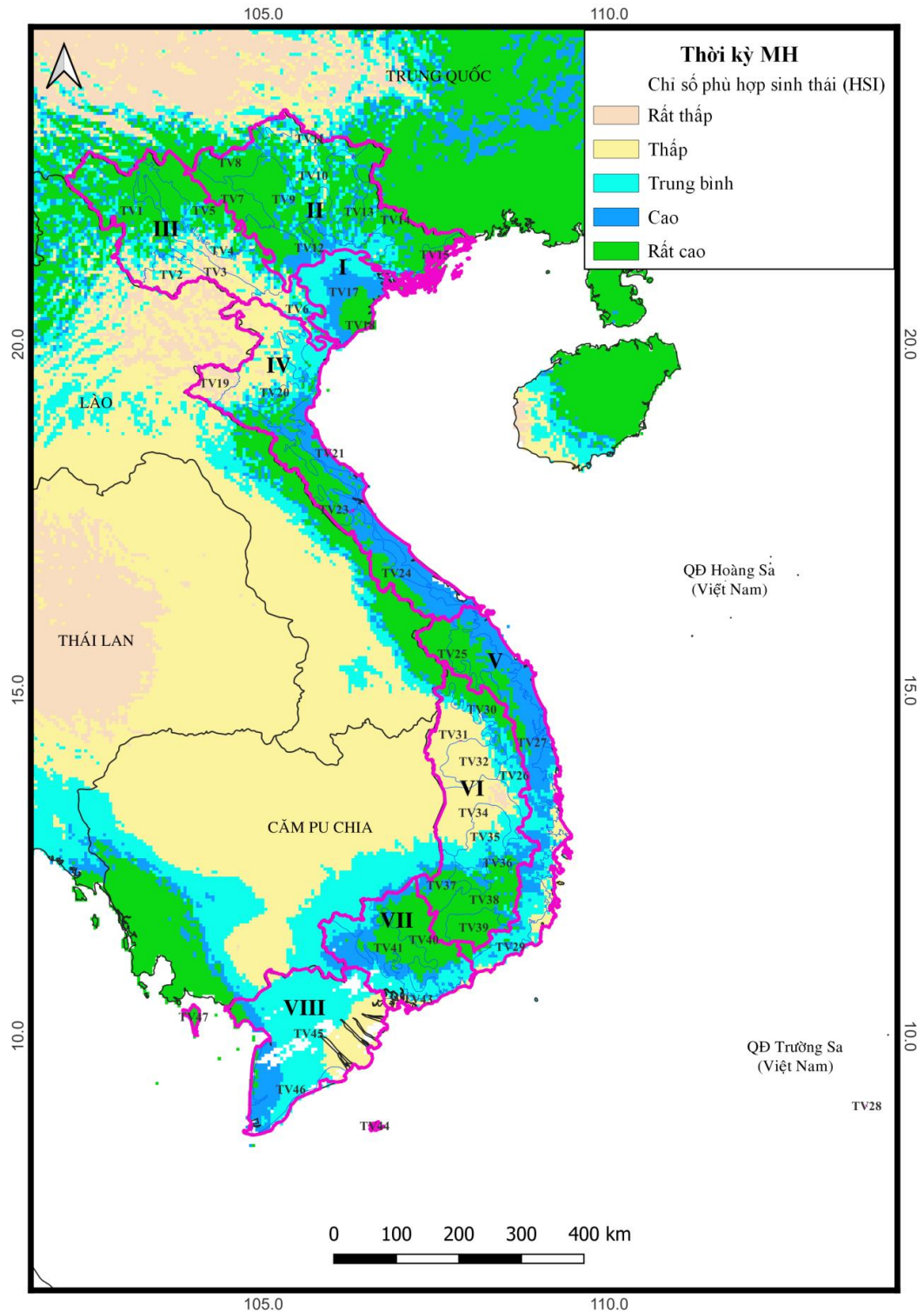
+ **Nhận định chung giai đoạn từ quá khứ LGM → MH → HT:** Có thể thấy rõ sự biến động đáng kể về không gian phân bố các môi trường sống thích hợp của loài Xá xị. Trong giai đoạn LGM, các khu vực phân bố chủ yếu tập trung ở phía Bắc Việt Nam. Tuy nhiên, đến giai đoạn ấm lên MH, mô hình cho thấy sự suy giảm đáng kể các vùng môi trường sống thích hợp. Sự suy giảm này có thể phản ánh tác động của các biến động khí hậu, dẫn đến sự thu hẹp không gian sinh tồn của loài tại các vùng khí hậu lạnh.

Đồng thời, một xu hướng đáng chú ý được ghi nhận tới thời kỳ HT, là sự mở rộng của các khu vực sinh thái thích hợp về phía Nam, đặc biệt xuất hiện vùng sinh thái phù hợp mới đáng chú ý là Tây Nguyên. Tuy nhiên, tổng diện tích môi trường sống thích hợp cho loài trong giai đoạn MH không thực sự gia tăng đáng kể và không đủ bù đắp hoàn toàn cho sự mất mát ban đầu ở miền Bắc, điều này có thể phản ánh sự giới hạn trong khả năng phân tán tự nhiên của loài khi điều kiện môi trường thay đổi.

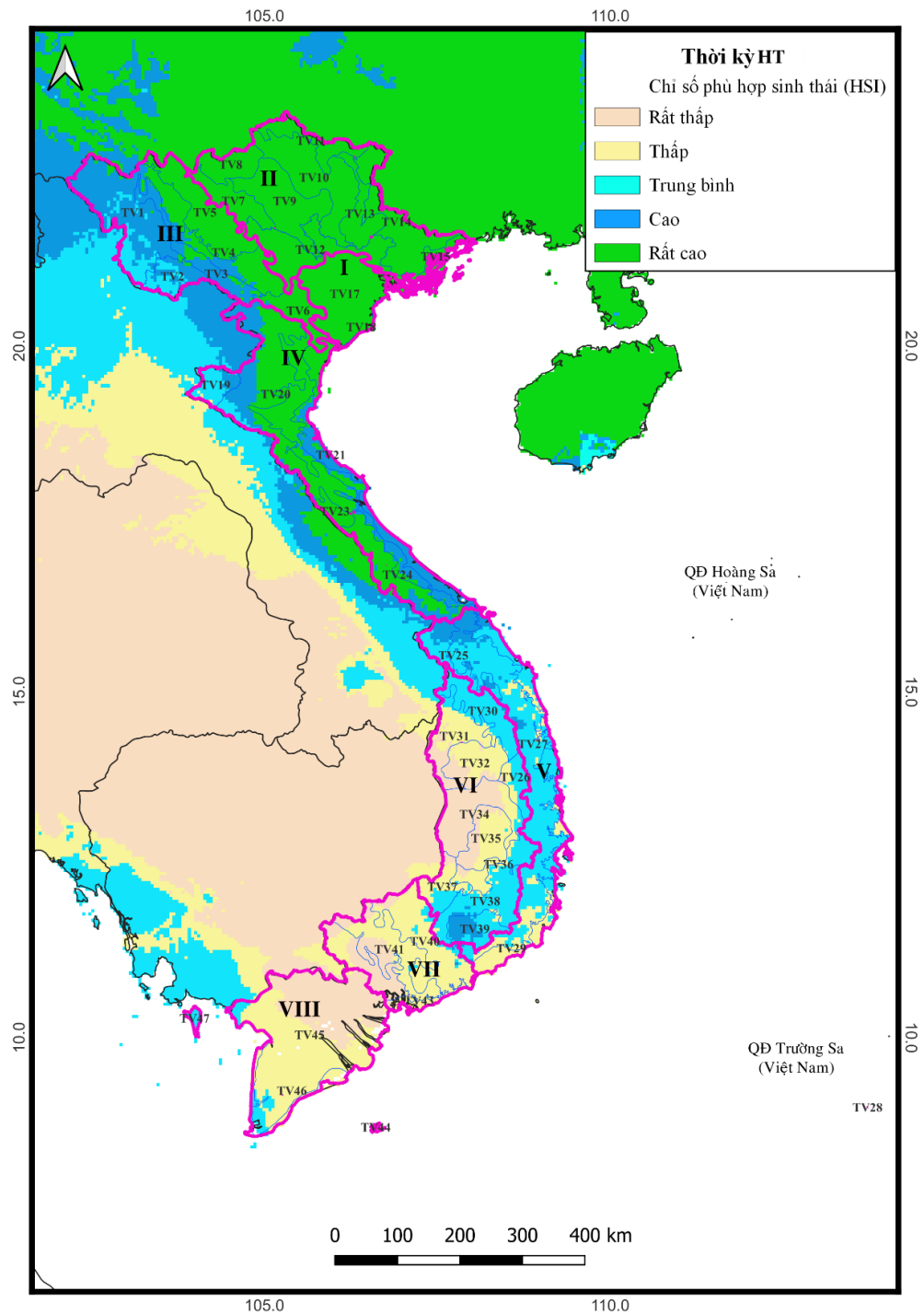


Hình 3.3. Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị trong thời kỳ Last Glacial Maximum (LGM)

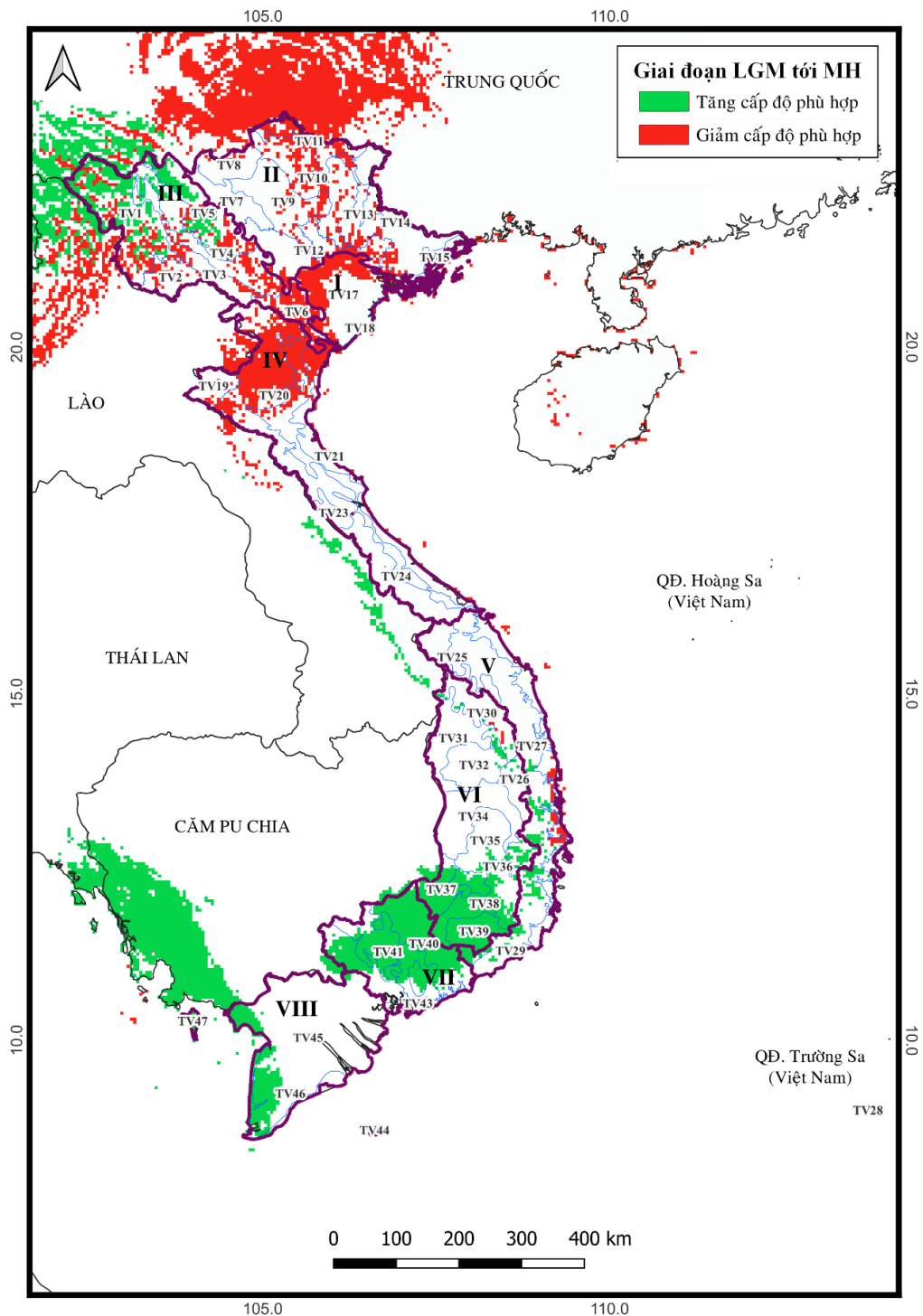
(Trong đó, Bản đồ phù hợp sinh thái loài Xá xị trong thời kỳ LGM (A); Bản đồ mô tả phần lục địa thời kỳ LGM (B); (Vùng STLN Đồng bằng Bắc bộ: Zone I; Đông Bắc: Zone II; Tây Bắc: Zone III; Bắc Trung Bộ: Zone IV; Nam Trung Bộ: Zone V; Tây Nguyên: Zone VI; Đông Nam Bộ: Zone VII; Tây nam Bộ: Zone VIII; Tên các Tiểu vùng STLN được thể hiện ở Hình 2.3 - Phần chủ dẫn).



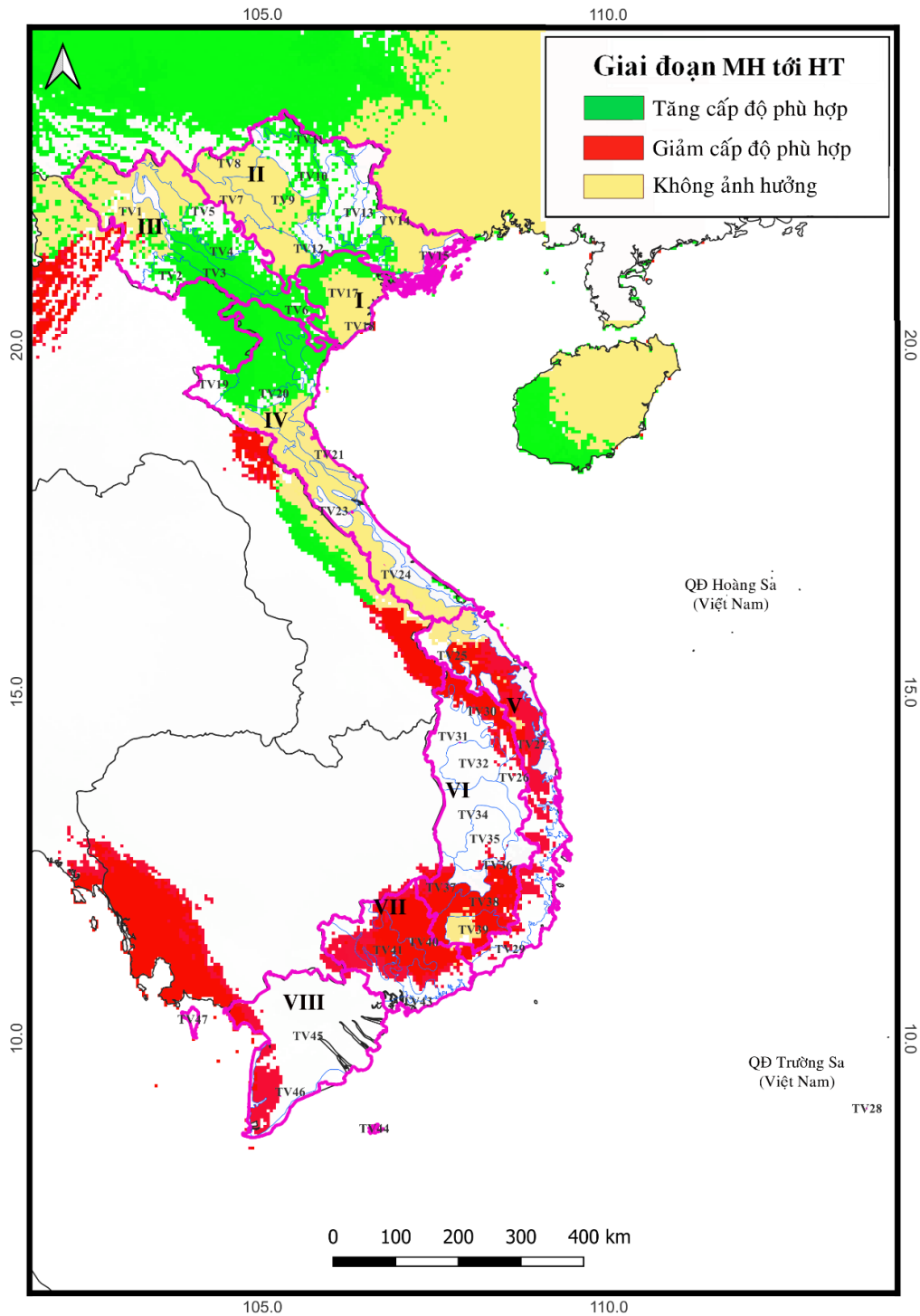
Hình 3.4. Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị trong thời kỳ Mid-Holocence (MH) (Vùng STLN Đồng bằng Bắc bộ: Zone I; Đông Bắc: Zone II; Tây Bắc: Zone III; Bắc Trung Bộ: Zone IV; Nam Trung Bộ: Zone V; Tây Nguyên: Zone VI; Đông Nam Bộ: Zone VII; Tây nam Bộ: Zone VIII; Tên các Tiểu vùng STLN được thể hiện ở Hình 2.3 - Phần chú dẫn)



Hình 3.5. Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị trong thời kỳ hiện tại (HT) (Vùng STLN Đồng bằng Bắc bộ: Zone I; Đông Bắc: Zone II; Tây Bắc: Zone III; Bắc Trung Bộ: Zone IV; Nam Trung Bộ: Zone V; Tây Nguyên: Zone VI; Đông Nam Bộ: Zone VII; Tây nam Bộ: Zone VIII; Tên các Tiểu vùng STLN được thể hiện ở Hình 2.3 - Phần chú dẫn)



Hình 3.6. Biến động vùng phù hợp sinh thái (HSI cao đến rất cao) cho loài Xá xī giai đoạn Last Glacial Maximum (LGM) tới Mid-Holocene (MH). (Vùng STLN Đồng bằng Bắc bộ: Zone I; Đông Bắc: Zone II; Tây Bắc: Zone III; Bắc Trung Bộ: Zone IV; Nam Trung Bộ: Zone V; Tây Nguyên: Zone VI; Đông Nam Bộ: Zone VII; Tây nam Bộ: Zone VIII; Tên các Tiểu vùng STLN được thể hiện ở Hình 2.3 - Phần chú dẫn)



Hình 3.7. Biến động vùng phù hợp sinh thái (HSIcao đến rất cao) của loài Xá xị giai đoạn Mid-Holocence (MH) tới Hiện tại (HT).
(Vùng STLN Đồng bằng Bắc bộ: Zone I; Đông Bắc: Zone II; Tây Bắc: Zone III; Bắc Trung Bộ: Zone IV; Nam Trung Bộ: Zone V; Tây Nguyên: Zone VI; Đông Nam Bộ: Zone VII; Tây nam Bộ: Zone VIII; Tên các Tiểu vùng STLN được thể hiện ở Hình 2.3 - Phần chú dẫn)

+ Giai đoạn hiện tại (HT) tới tương lai (TL):

Phân hạng mức độ phù hợp sinh thái của loài Xá xị dưới tác động của 04 kịch bản BĐKH (ACCESS, MRI, MIROC6, EC) ở các kịch bản tương ứng với 04 lộ trình phát thải: bền vững (SSP126), trung bình (SSP245), cao (SSP370) và rất cao (SSP585), trong 02 giai đoạn 2061-2080 và 2081-2100 (Hình 3.8; 3.9). Kết quả ở hầu hết các Kịch bản đều cho thấy vùng phân bố phù hợp (cao đến rất cao) cho loài Xá xị được dịch chuyển lên phía Bắc. Cụ thể, vùng STLN Tây Bắc (Zone III) và Tây Nguyên (Zone IV) hầu như bị giảm cấp độ. Bắc Trung Bộ (Zone IV) bị thu hẹp diện tích phù hợp.

Các kịch bản khí hậu MRI và MIROC6 chưa cho thấy xu hướng suy giảm rõ rệt về diện tích phù hợp sinh thái khi mức độ phát thải tăng từ SSP370 lên SSP585. Ngược lại, các kịch bản ACCESS và EC thể hiện xu hướng suy giảm diện tích phân bố rõ nét hơn khi mức phát thải gia tăng (giảm 50% diện tích ở kịch bản phát thải rất cao SSP585 so với kịch bản phát thải bền vững SSP126).

So sánh với giai đoạn HT:

- *Giai đoạn TL trong lộ trình phát thải bền vững SSP126*: Kết quả cho thấy ở giai đoạn 2061-2080, diện tích phù hợp sinh thái cao cho loài Xá xị hoàn toàn không bị ảnh hưởng. Tuy nhiên, đến giai đoạn 2081-2100, diện tích phù hợp sinh thái cho loài Xá xị bắt đầu cho thấy giảm nhẹ rõ nét ở kịch bản EC (giảm 15,1%) và MRI (giảm 20%) (Hình 3.8).

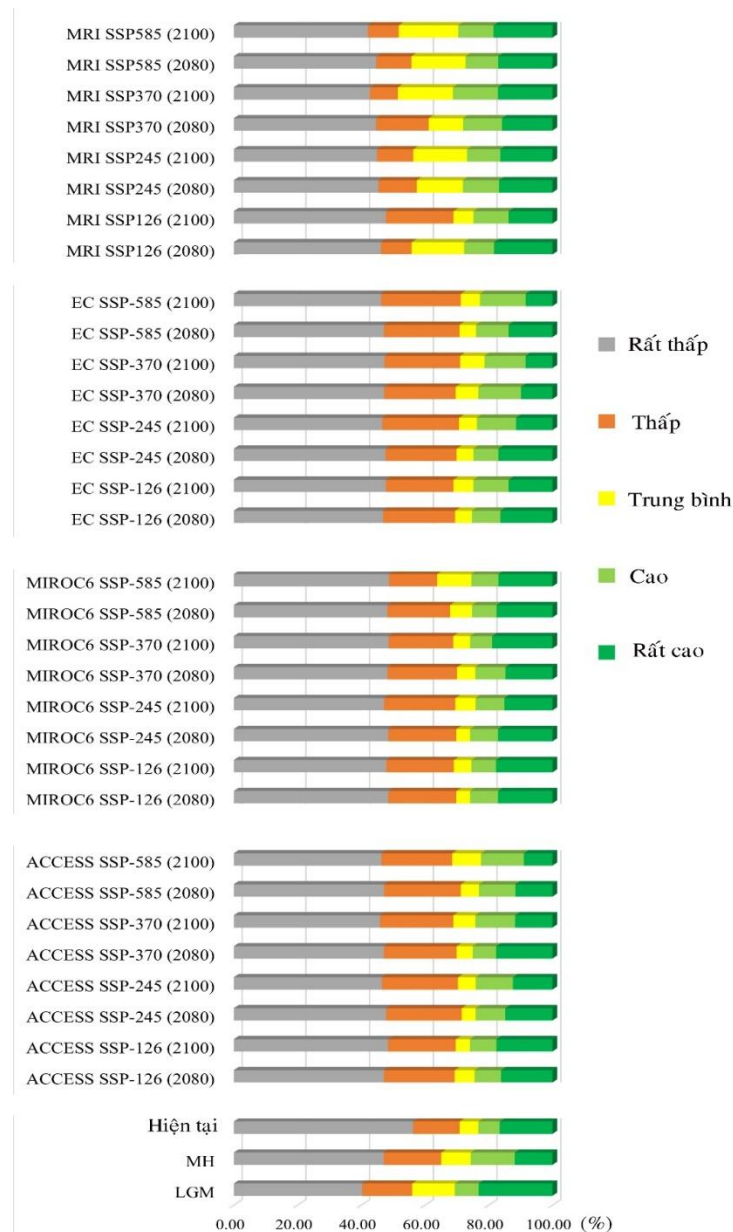
- *Giai đoạn TL trong lộ trình phát thải trung bình SSP245*: Kết quả cho thấy ở giai đoạn 2061-2080, diện tích phù hợp sinh thái cao cho loài Xá xị hoàn toàn không bị ảnh hưởng. Tuy nhiên, đến giai đoạn 2081-2100, diện tích phù hợp sinh thái cho loài Xá xị bắt đầu cho thấy giảm nhẹ rõ nét ở kịch bản EC (giảm 15,1%) và ACCESS (giảm 23,5%) (Hình 3.8).

- *Giai đoạn TL trong lộ trình phát thải cao SSP370*: Kết quả cho thấy ở giai đoạn 2061-2080, diện tích phù hợp sinh thái cao cho loài Xá xị bắt đầu bị giảm nhẹ rõ nét nhất ở kịch bản EC (giảm 44,7%). Đến giai đoạn 2081-2100, diện tích phù hợp sinh thái cho loài Xá xị bắt đầu giảm mạnh rõ nét ở kịch bản EC (giảm 55%) và ACCESS (giảm 29,4%) (Hình 3.8).

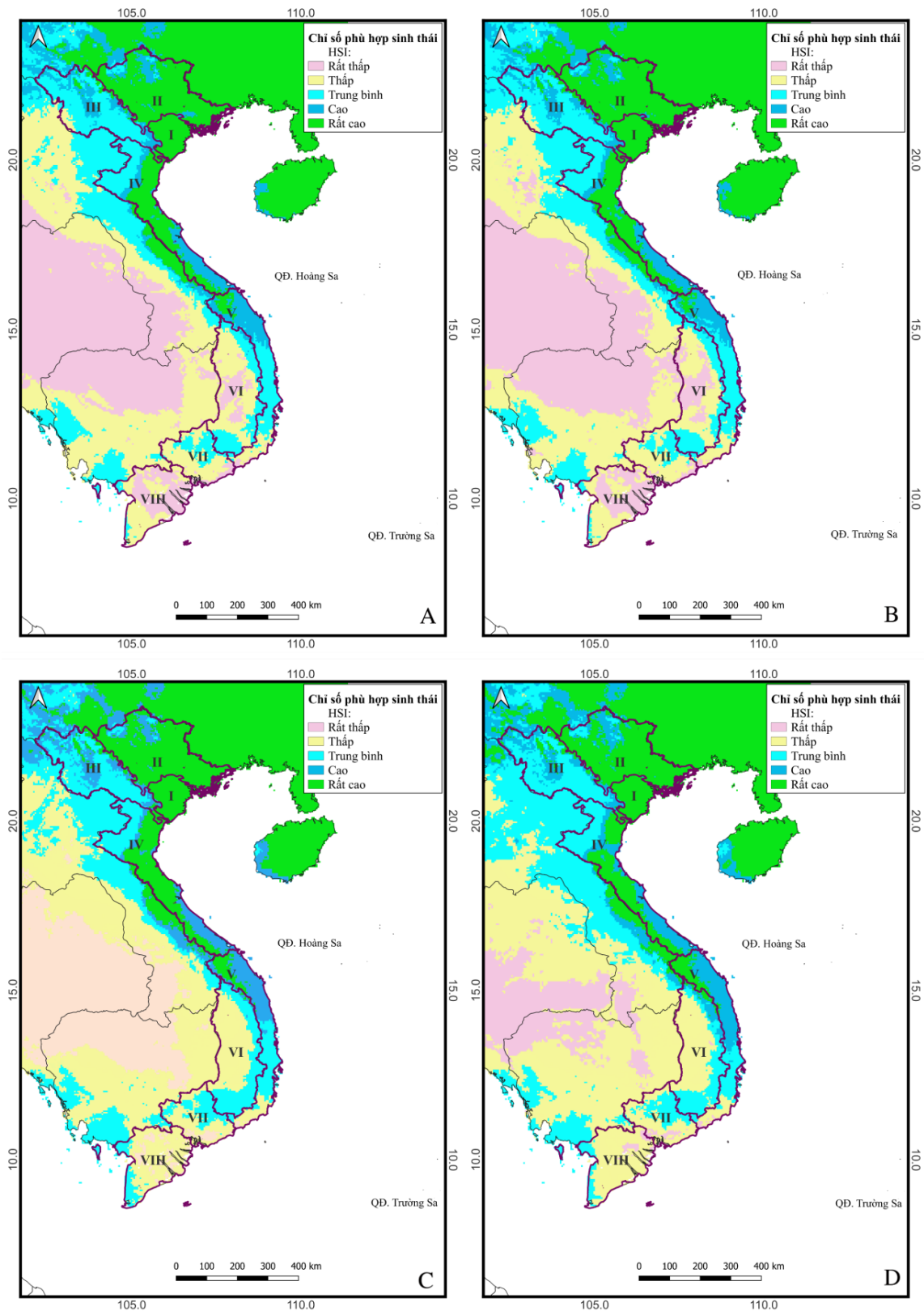
- *Giai đoạn TL trong lộ trình phát thải rất cao SSP585*: Kết quả cho thấy ở giai đoạn 2061-2080, diện tích phù hợp sinh thái cao cho loài Xá xị bắt đầu bị giảm mạnh rõ nét nhất ở kịch bản EC (giảm 20%) và ACCESS (giảm 28%). Đến giai đoạn 2081-

2100, diện tích phù hợp sinh thái cho loài Xá xị bắt đầu giảm mạnh rõ nét ở kịch bản EC và ACCESS (giảm > 50%) (Hình 3.8).

Trong các kịch bản, EC và ACCESS là hai kịch bản cho thấy rõ nét sự suy giảm diện tích phù hợp sinh thái cao ở các giai đoạn trong tương lai.



Hình 3.8. Phần trăm diện tích mức độ phù hợp sinh thái (HSI cao đến rất cao) của loài Xá xị cho giai đoạn 2061-2080 (*ký hiệu trên hình là 2080*) và giai đoạn 2081-2100 (*ký hiệu trên hình là 2080*) tương ứng với 4 kịch bản BĐKH trong tương lai (ACCESS, MIROC6, EC, MRI).



Hình 3.9. Bản đồ dự báo mức độ phù hợp sinh thái loài Xá xị theo các kịch bản phát thải trung bình ACCESS và EC.

(Hình A: Kịch bản ACCESS 245 (2061-2080); B: Kịch bản ACCESS 245 (2081-2100); C: Kịch bản EC 245 (2061-2080); D: Kịch bản EC 245 (2081-2100).

Nhận định chung, diện tích phù hợp sinh thái với chỉ số HSI rất cao cho loài Xá xị trong thời kỳ LGM là lớn nhất. Sau thời kỳ băng tan, ở giai đoạn MH, diện tích này giảm so với LGM khoảng 24,4%, tuy nhiên có sự xuất hiện các vùng sinh thái phù hợp mới ở Tây Nguyên và Nam Việt Nam (Hình 3.4). Nhìn chung, diện tích phù hợp cao được sắp xếp theo các thời kỳ: LGM > HT > MH > TL, trong đó thời kỳ TL là thời kỳ tương lai ở hầu hết các Kịch bản phát thải Trung bình đến cao, rõ nét nhất ở kịch bản EC và ACCESS (Hình 3.9). Mặt khác, kịch bản phát thải bền vững SSP126 ở cả 4 kịch bản đều không cho thấy sự suy giảm diện tích rõ rệt.

Một nghiên cứu khá tương tự ở Trung Quốc, Zhou và cs (2021) thực hiện xây dựng mô hình Maxent trên phạm vi cả nước đã chỉ ra rằng, trong thời kỳ LGM, diện tích phân bố tiềm năng của các loài chi Quế *Cinnamomum* đạt mức cao nhất, với mức độ phù hợp sinh cảnh lớn hơn so với các giai đoạn sau đó [45]. Khi chuyển sang thời kỳ MH, khí hậu trở nên ẩm và khô hơn do sự tan băng và thay đổi tuần hoàn khí quyển sau LGM, dẫn đến sự thu hẹp đáng kể về diện tích phân bố cũng như giảm chất lượng sinh cảnh của loài. Xu thế này tiếp tục kéo dài đến thời kỳ hiện tại (HT), phản ánh quá trình co giãn liên tục của vùng phân bố loài qua các giai đoạn khí hậu khác nhau. Đặc biệt, vùng chuyển tiếp giữa khu vực nhiệt đới và á nhiệt đới, nơi chịu tác động mạnh mẽ của BĐKH, được xem là khu vực nhạy cảm, dễ quan sát thấy sự thay đổi rõ rệt về ranh giới phân bố. Những biến động này không chỉ cung cấp bằng chứng về ảnh hưởng của khí hậu đến sinh vật mà còn góp phần quan trọng trong định hướng bảo tồn và thích ứng với BĐKH hiện nay [45].

3.3. ĐA DẠNG DI TRUYỀN VÀ CẤU TRÚC DI TRUYỀN LOÀI XÁ XỊ TRONG 5 VÙNG SINH THÁI LÂM NGHIỆP

3.3.1. Xây dựng và phát triển bộ chỉ thị phân tử microsatellite (SSR) loài Xá xị ở Việt Nam

3.3.1.1. Đặc điểm hệ gen phiên mã loài Xá xị

Tổng số 27.363.199bp với 27.363.199 đoạn gen (raw reads) đã được giải mã cho loài Xá xị ở Việt Nam. Sau khi kiểm tra chất lượng phần mềm Trimmomatic với tổng 8,17 (Gb) dữ liệu, được lắp ráp 160.435 đoạn unigenes (235 Mb) và giá trị điểm chất lượng đọc (Quality Score - Q) với Q20 (99,15%) và Q30 (97,05%) và thành phần GC chiếm 46,2%. Các trình tự đọc được có điểm đánh giá về chất lượng Q20 được sử dụng để tiến hành lắp ráp *de novo* và cho các phân tích sau đó.

Bảng 3.8. Lắp ráp *de novo* hệ gen phiên mã của loài Xá xị ở Việt Nam

Kích thước (bp)	Unigene	Tỷ lệ (%)	Contigs	Tỷ lệ (%)	Transcripts	Tỷ lệ (%)
0~100	0	0	2892093	88,33	0	0
100~200	0	0	192831	5,89	0	0
200~300	71571	44,61	82839	2,53	81432	30,96
300~400	29131	18,16	34459	1,05	36294	13,8
400~500	15829	9,87	18935	0,58	21842	8,3
500~600	9434	5,88	11718	0,36	14431	5,49
600~700	6199	3,86	7696	0,24	10974	4,17
700~800	4312	2,69	5501	0,17	8600	3,27
800~900	3166	1,97	4046	0,12	7176	2,73
900~1000	2547	1,59	3279	0,1	6449	2,45
1000~1100	2072	1,29	2600	0,08	5817	2,21
1100~1200	1694	1,06	2134	0,07	5379	2,05
1200~1300	1472	0,92	1832	0,06	5034	1,91
1300~1400	1239	0,77	1585	0,05	4800	1,83
1400~1500	1115	0,69	1306	0,04	4391	1,67
1500~1600	1000	0,62	1194	0,04	4027	1,53
1600~1700	947	0,59	1087	0,03	3929	1,49
1700~1800	805	0,5	974	0,03	3628	1,38
1800~1900	767	0,48	884	0,03	3133	1,19
1900~2000	665	0,41	752	0,02	3068	1,17
2000~2100	647	0,4	695	0,02	2943	1,12
2100~2200	516	0,32	618	0,02	2579	0,98
2200~2300	499	0,31	516	0,02	2407	0,92
2300~2400	437	0,27	455	0,01	2225	0,85
2400~2500	411	0,26	414	0,01	2082	0,79
2500~2600	392	0,24	370	0,01	1769	0,67
2600~2700	323	0,2	326	0,01	1669	0,63
2700~2800	323	0,2	293	0,01	1597	0,61
2800~2900	274	0,17	260	0,01	1388	0,53
2900~3000	234	0,15	245	0,01	1277	0,49
>3000	2414		2334		12659	
Tổng số đoạn	160435		3274271		262999	
Tổng chiều dài	88071463		257547156		237355325	
N50	711		110		1682	
Kích thước TB (bp)	548,95		78,66		902,49	

Các đoạn đọc được sau khi kiểm tra chất lượng được lắp ráp với nhau tạo thành các contig (bộ các phân đoạn ADN chồng lẫn cùng nhau đại diện cho một vùng ADN). Các contig này sẽ được lắp ráp *de novo* nhằm tái tạo hệ gen phiên mã hoàn chỉnh.

Thông tin chi tiết về kết quả lắp ráp *de novo* được thể hiện trong Bảng 3.8. Chỉ số N50 phản ánh độ dài mà tại đó ít nhất một nửa số contig trong hệ gen có chiều dài bằng hoặc lớn hơn mức này. Chỉ số N50 giúp đánh giá mức độ liên tục và tính toàn vẹn của các contig, tuy nhiên, nó không phản ánh độ chính xác của trình tự. Một kết quả trình tự có chất lượng cao thường đi kèm với giá trị N50 lớn.

Bảng 3.8 trình bày kết quả lắp ráp *de novo* hệ gen phiên mã của loài Xá xị tại Việt Nam, bao gồm số lượng và tỷ lệ phần trăm của các đơn vị lắp ráp (Unigene, Contigs, Transcripts) theo từng khoảng kích thước (bp).

Phân bố kích thước đoạn lắp ráp:

- Unigene: Tổng số đoạn lắp ráp là 160.435, với kích thước phổ biến từ 200-300 bp (44,61%). Số lượng Unigene giảm dần theo kích thước, với số lượng rất ít ở kích thước >3.000 bp (2.414 đoạn, chiếm khoảng 1,5%).

- Contigs: Tổng số Contigs là 3.274.271, trong đó 88,33% có kích thước 0-100 bp. Số lượng giảm mạnh khi kích thước tăng, cho thấy phần lớn các đoạn lắp ráp có kích thước nhỏ.

- Transcripts: Tổng số Transcripts là 262.999, với số lượng tập trung nhiều ở kích thước 200-300 bp (30,98%), tiếp theo là 300-400 bp (13,8%). Khi kích thước tăng, số lượng Transcripts giảm dần.

Tổng chiều dài và chỉ số N50:

- Tổng chiều dài của Unigene là 8.807.1463 bp, Contigs là 2.575.471.516 bp, và Transcripts là 2.373.553.529 bp.

- Giá trị N50 của Unigene là 711 bp, cao hơn so với Contigs (110 bp), nhưng thấp hơn so với Transcripts (1.682 bp). Điều này cho thấy Transcripts có độ dài trung bình lớn hơn và có chất lượng lắp ráp tốt hơn so với Contigs.

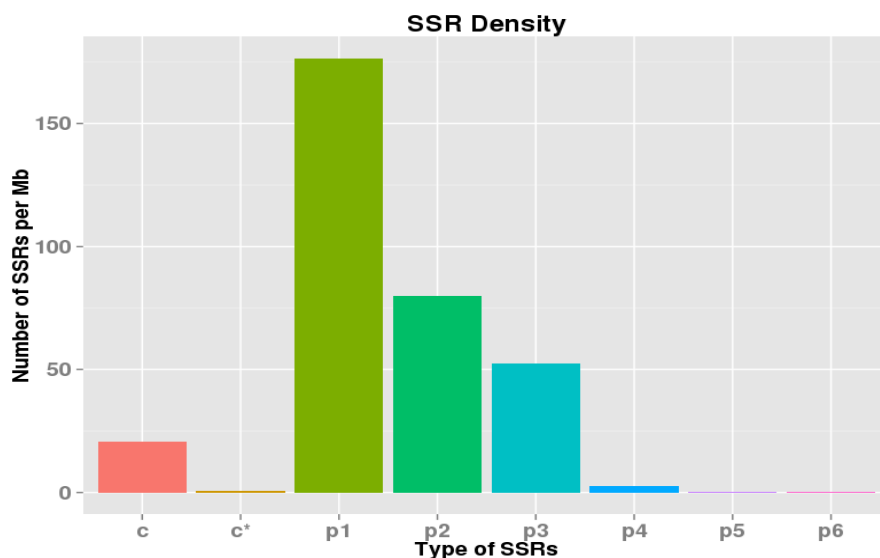
Như vậy, kết quả lắp ráp cho thấy phần lớn Unigene và Transcripts tập trung ở khoảng 200-400 bp, phản ánh mức độ phân mảnh của dữ liệu lắp ráp. Contigs có số lượng rất lớn ở kích thước nhỏ (<200 bp), nhưng giảm mạnh ở kích thước lớn hơn, cho thấy mức độ lắp ráp chưa hoàn chỉnh. Chỉ số N50 của Transcripts (1.682 bp) cao hơn đáng kể so với Unigene và Contigs, cho thấy quá trình lắp ráp Transcripts đạt chất lượng tốt hơn.

3.3.1.2 Đặc điểm *microsatellite* (SSR) loài *Xá xị*

Tổng số 160.435 đơn vị gen (unigenes) đã được sử dụng để đánh giá tiềm năng các cặp môi *microsatellite* (SSR) từ loài *Xá xị*. Sử dụng công cụ SSRIT, tổng số 18.246 EST-SSR tiềm năng đã được xác định. 12.849 chỉ thị SSR đã được xác định từ 18.246 đơn vị gen. Trong số đơn vị gen này, 8.687 và 2.917 trình tự lần lượt chứa một và nhiều hơn một SSR, tương ứng. Và số lượng SSR có trong sự hình thành hợp chất là 816 (Bảng 3.9).

Bảng 3.9. Kết quả tìm kiếm *microsatellite* (SSR) của loài *Xá xị*

Tổng số trình tự được kiểm tra	18.246
Tổng kích thước của các trình tự đã kiểm tra (bp)	36.109.864
Tổng số SSR được xác định	12.849
Số lượng trình tự chứa SSR	8.687
Số đoạn chứa nhiều hơn 1 SSR	2.917
Số lượng SSR có trong sự hình thành hợp chất	816



Hình 3.10. Biểu đồ phân bố các chủng loại SSR lặp lại của loài *Xá xị*

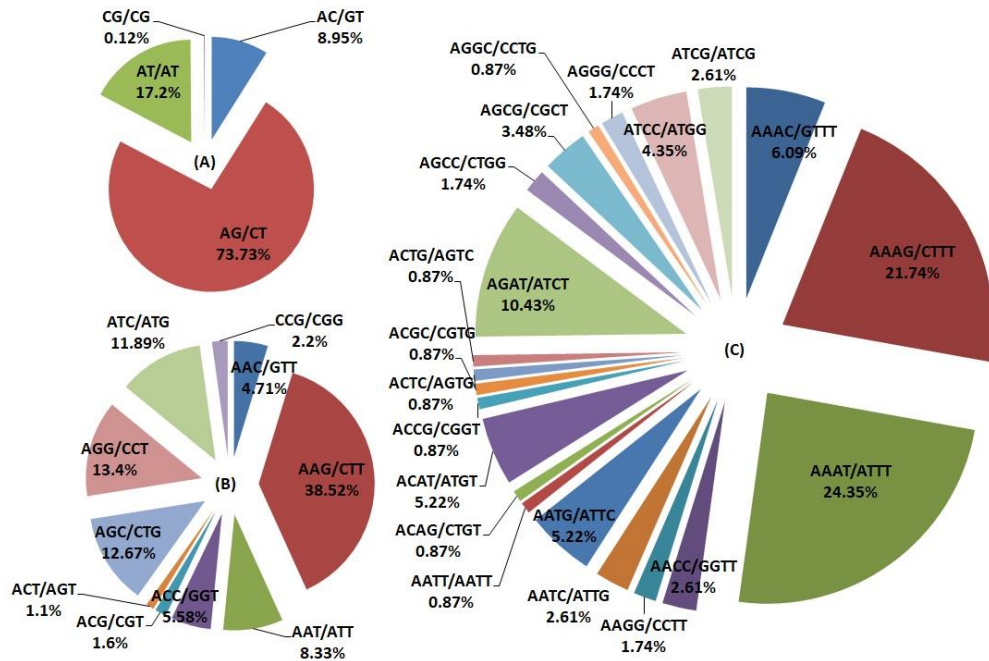
Tần số *microsatellite*, chủng loại và phân bố của SSR tiềm năng cũng được phân tích. Trong tổng số *microsatellite* tiềm năng, số nucleotide lặp lại một nucleotide (mono-nucleotide) là phổ biến nhất chiếm 55,9% (7.183), tiếp theo là di-nucleotide (25,92%) (3.331), tri-nucleotide 17,01% (2.186), tetra-nucleotide 0,9% (115), hexa-nucleotide 0,13% (17), và penta-nucleotide 0,13% (17) (Hình 3.10).

Phân bố và tần số nucleotide lặp lại được trình bày ở Bảng 3.10. Nucleotide lặp lại mười lần của chỉ thị microsatellite là phổ biến nhất, chiếm 19,43% (2.496). Tiếp theo, nucleotide lặp lại sáu lần chiếm 11,74% (1.508), năm lần chiếm 10,93% (1.404), bảy lần chiếm 6,71% (862), chín lần chiếm 5,45% (700), tám lần chiếm 4,74% (609) và nucleotide lặp lại cao hơn 10 lần chiếm tỉ lệ khá cao 41,01%.

Trong tổng số 2 nhóm một nucleotide lặp lại thể hiện A/T chiếm tỉ lệ cao nhất với 7.128 microsatellite, tiếp theo C/G 55 microsatellite. Tổng số 4 loại hai nucleotide lặp lại, AG/CT chiếm ưu thế 73,73% (2.456), tiếp theo AT/AT 17,2% (583), AC/GT 8,95% (298) và CG/CG 0,12% (4). Tổng số 10 loại ba nucleotide, AAG/CTT chiếm ưu thế 38,52% (842), tiếp theo ACC/GGT 13,4% (293), AGC/CTG 12,67% (277), ATC/ATG 11,89% (260), AAT/ATT 8,33% (182), ACC/GGT 5,58% (122), CCG/CGG 1,22% (48), ACG/CGT 1,6% (35) và ACT/AGT 1,1% (24). Tổng số 21 loại bốn nucleotide lặp lại, AAAT/ATTT là phổ biến nhất, chiếm 24,35% (28), tiếp theo AAAG/Công thức tổ thành 21,74% (25), AGAT/ATCT 10,43% (12). Ngoài ra, 15 loại penta-nucleotide và 22 loại hexa-nucleotide lặp lại khác nhau đã được phát hiện (Hình 3.11).

Bảng 3.10. Phân bố của chỉ thị microsatellite của loài Xá xị trên số nucleotide lặp lại

Số nucleotide lặp lại	Một	Hai	Ba	Bốn	Năm	Sáu	Tổng số	(%)
5	-	-	1285	97	14	8	1404	10,93
6	-	871	609	18	3	7	1508	11,74
7	-	589	272	-	-	1	862	6,71
8	-	589	19	-	-	1	609	4,74
9	-	699	1	-	-	-	700	5,45
10	2041	455	-	-	-	-	2496	19,43
>10	5142	128	-	-	-	-	5270	41,01
Tổng cộng	7183	3331	2186	115	17	17		100
(%)	55,90	25,92	17,01	0,90	0,13	0,13	100	



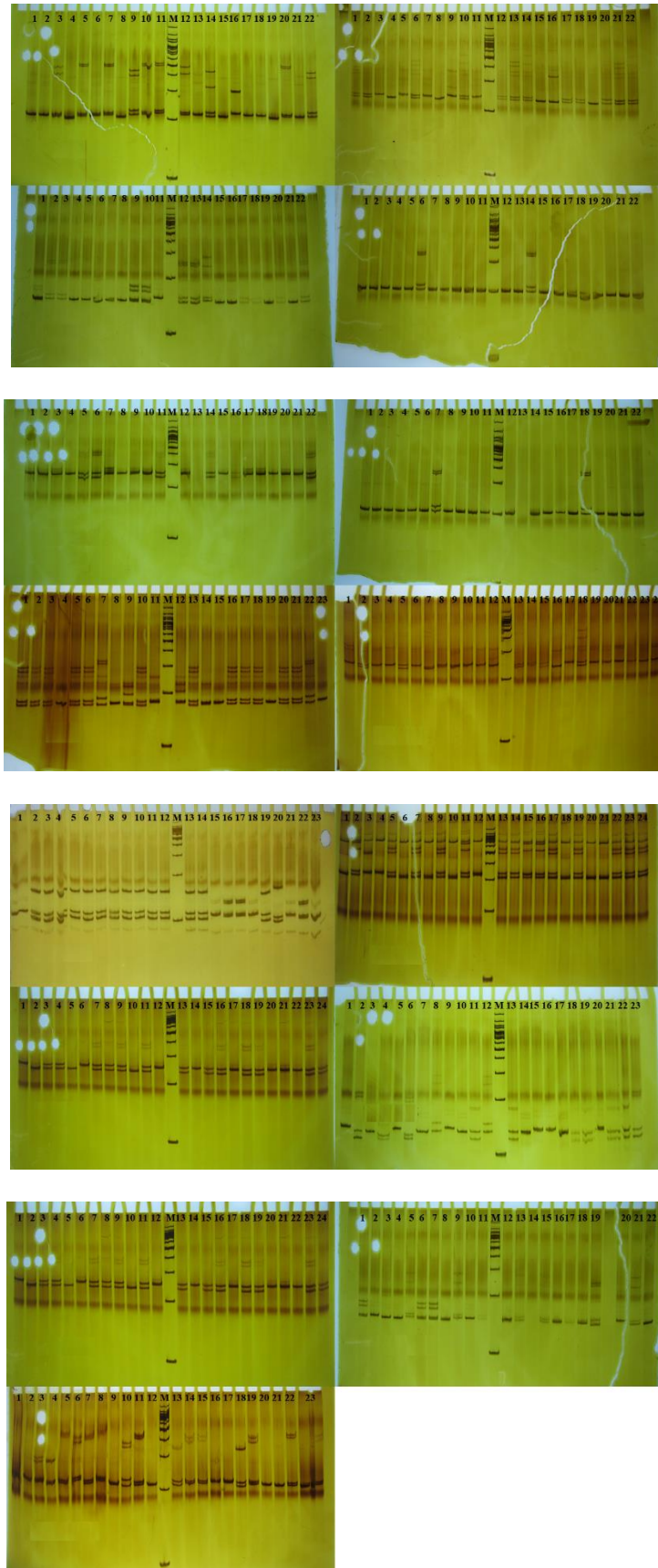
Hình 3.11. Phân bố các loại trình tự lặp lại (microsatellite) trong hệ gen loài Xá xị

Từ các đoạn đơn vị gen (unigene) đã lựa chọn 134 đoạn trình tự chứa SSR tối ưu và đăng ký trên GenBank với mã số từ OR536813 đến OR536946 (Phụ lục 5).

3.3.1.3 Đặc điểm bộ chỉ thị SSR đa hình cho loài Xá xị

Trong quá trình xây dựng và phát triển bộ chỉ thị phân tử SSR cho loài Xá xị (*C. parthenoxylon*), tổng số 134 cặp mồi SSR đã được thiết kế dựa trên đặc điểm trình tự nucleotide chứa các đoạn lặp ngắn (SSR motifs) của chúng, các trình tự này đã được đăng ký trên ngân hàng gen thế giới với mã số: từ OR536813 đến OR536946 bằng phần mềm Primer 3.0. Để sàng lọc và xác định các chỉ thị phân tử SSR có tính đa hình cao, chúng tôi sử dụng 5 mẫu cá thể Xá xị đại diện cho các vùng phân bố khác nhau để thực hiện phản ứng PCR-SSR. Kết quả điện di trên gel polyacrylamide 8% cho thấy 15 trong số 134 cặp mồi SSR thể hiện tính đa hình rõ rệt, với các băng đa hình khác nhau giữa các cá thể (Bảng 3.11; Hình 3.12). Những cặp mồi này biểu hiện khả năng phân biệt cao, chứng tỏ hiệu quả trong việc phát hiện sự khác biệt di truyền ở mức cá thể và QT.

Đây là cơ sở quan trọng để lựa chọn các chỉ thị phân tử (SSR) có giá trị ứng dụng trong đánh giá ĐDDT và phân tích cấu trúc di truyền QT của loài Xá xị. Bên cạnh đó, những chỉ thị SSR này còn mở ra tiềm năng trong việc phân tích mối quan hệ di truyền giữa các loài thuộc chi chi Quế và họ Lauraceae nói chung - vốn là nhóm thực vật có sự phức tạp về phân loại hình thái nhưng lại có giá trị bảo tồn cao do nhiều loài đang bị đe dọa hoặc có giá trị dược liệu và kinh tế nổi bật.



Hình 3.12. Ảnh điện di sản phẩm PCR-SSR trên gel polyacrylamide 8% của 15 SSR đa hình cho loài Xá xị (số 1-22: ký hiệu mẫu; M: ADN ladder 100bp).

Bảng 3.11. Trình tự nucleotide 15 cặp mỗi SSR đa hình cho loài Xá xị

Tên cặp mỗi SSR	Trình tự nucleotide (5'–3')	Nu lặp lại	Kích thước (bp)	Ta (°C)	Mã số GenBank
PMP01	F: ACAGAAGTGAACATTCCCGC R: TGCTGAAATGGGTGCTTGTA	(TCACGA) 6	120-150	55	OR536945
PMP02	F: CATCCACGTCAACTCCATTG R: CATAGCAAGCCTTCCGAGTC	(AGG)7	105-133	55	OR536868
PMP03	F: CGCGAGTCTGGGTAATAAGC R: GAGAAAATGGTGCAGGCAAT	(CTT)8	128-232	55	OR536874
PMP04	F: CAAAGTTACGGGCATGCTTT R: AGTCTCCAAACTCAAGGCCA	(CAG)7	245-259	55	OR536886
PMP05	F: TGCTGTGGCTGATACGAGTC R: AGCACACGAACAACACAAGC	(ATCCG)5	230-260	55	OR536940
PMP06	F: GCAGCCAGAAGTGGAAACATT R: ATTTCCCAATTCCACACAA	(GTC)7	147-175	55	OR536854
PMP07	F: ATTGTGGGATTGCCTACTGC R: TCCATCTCTGCCTTTCAAGC	(AT)11	198-220	55	OR536843
PMP08	F: AACAGAATCCAGCCATGGAG R: TGTTGGACTTGGGGGAGATA	(GGA)7	105-133	55	OR536901
PMP09	F: TGCAACCACCACAACCTTTCT R: ACTGCCCAATCAAGCACTCT	(ATA)7	126-154	55	OR536877
PMP10	F: AAGGGAGTGGAGACAAGGGT R: CAATAGAACTGCACTCGGCA	(AGT)8	192-208	55	OR536855
PMP11	F: AAATCACAAGCATCATCATCA R: AGAGCTGGATTGGGGTCTT	(ACCAC)9	207-234	55	OR536941
PMP12	F: TTGGATTGGAAGTCGGAGAC R: TACGACCTCAACATGTCCCA	(GTAT)6	240-258	55	OR536945
PMP13	F: AAAGTCCAGCACAAACACCC R: GGGTGCAGGAATAAGTTCCA	(ACT)7	112-133	55	OR536933
PMP14	F: ATCGAAATGGCGTATCGAAG R: GAGAGAGGAATCGCGATGAG	(TCC)7	168-182	55	OR536882
PMP15	F: TGAGTGCACACCATTCTCTTCT R: AACGTTTATTGGCTGTTGGC	(CTAGCC) 5	180-195	55	OR536946

Trong đó: F là mỗi xuôi; R là mỗi ngược

3.3.2. Đa dạng di truyền và cấu trúc di truyền loài Xá xị trong 5 vùng STLN

3.3.2.1. Đa dạng di truyền loài Xá xị

Trong nghiên cứu này, phản ứng PCR phân tích tính đa hình ADN của 208 mẫu Xá xị thu tại 9 địa điểm khác nhau của 5 vùng STLN Việt Nam đã được thực hiện thông qua 15 chỉ thị phân tử SSR (Bảng 3.12; Hình 2.1). Với 15 chỉ thị phân tử SSR, đã xác định 97 alen khác nhau với kích thước dao động 105 bp đến 260 bp của 208 cá thể Xá xị tại 9 QT trong nghiên cứu (Phụ lục 6). Các giá trị ĐDDT ở mức độ locus của loài Xá xị được trình bày ở Bảng 3.12. Alen lặn được xác định tại 4 locus (PMP07, PMP08, PMP11 và PMP14) ở mức ý nghĩa 0,05. Tổng số 10/15 locus biểu hiện sự thiếu hụt gen dị hợp tử trong trạng thái cân bằng Hardy-Weinberg ở loài.

Bảng 3.12. Tham số đa dạng di truyền trong loài Xá xị bằng 15 chỉ thị phân tử SSR

<i>Tên mẫu</i>	<i>Na (SD)</i>	<i>Ne (SD)</i>	<i>Null allele</i>	<i>PIC</i>	<i>Ho (SD)</i>	<i>He (SD)</i>	<i>Fis</i>	<i>Fit</i>	<i>Fst</i>	<i>Nm</i>	<i>P_{HWE}</i>
PMP01	3,778 (0,465)	2,815 (0,264)	Không	0,751	0,778 (0,06)	0,622 (0,030)	-0,249	0,025	0,220	0,887	nd
PMP02	3,778 (0,278)	2,499 (0,146)	Không	0,778	0,716 (0,103)	0,590 (0,022)	-0,214	-0,163	0,042	5,677	***
PMP03	2,556 (0,176)	1,935 (0,099)	Không	0,563	0,649 (0,088)	0,467 (0,040)	-0,390	-0,285	0,075	3,063	***
PMP04	3,556 (0,242)	2,364 (0,109)	Không	0,420	0,660 (0,103)	0,570 (0,018)	-0,157	0,026	0,157	1,338	***
PMP05	3,333 (0,289)	1,981 (0,138)	Không	0,608	0,614 (0,095)	0,472 (0,042)	-0,300	-0,161	0,108	2,074	***
PMP06	4,889 (0,735)	2,935 (0,313)	Không	0,455	0,770 (0,056)	0,626 (0,041)	-0,229	-0,092	0,111	2,003	ns
PMP07	2,444 (0,294)	1,378 (0,124)	0,18	0,668	0,166 (0,041)	0,232 (0,060)	0,285	0,485	0,280	0,643	***
PMP08	3,333 (0,624)	2,049 (0,435)	0,12	0,302	0,321 (0,011)	0,361 (0,098)	0,110	0,295	0,208	0,952	***
PMP09	3,111 (0,512)	2,163 (0,118)	Không	0,456	0,645 (0,077)	0,526 (0,027)	-0,227	-0,098	0,105	2,123	***
PMP10	2,889 (0,261)	1,935 (0,144)	Không	0,520	0,631 (0,089)	0,460 (0,040)	-0,373	-0,216	0,114	1,946	**
PMP11	2,000 (0,289)	1,243 (0,149)	0,17	0,430	0,083 (0,033)	0,139 (0,061)	0,398	0,500	0,170	1,218	ns
PMP12	4,556 (0,444)	3,085 (0,374)	Không	0,179	0,856 (0,037)	0,645 (0,034)	-0,328	-0,233	0,071	3,250	nd
PMP13	4,444 (0,503)	3,109 (0,269)	Không	0,687	0,794 (0,053)	0,658 (0,029)	-0,206	-0,077	0,107	2,078	***
PMP14	2,333 (0,333)	1,435 (0,229)	0,09	0,713	0,184 (0,063)	0,207 (0,078)	0,112	0,305	0,217	0,901	***
PMP15	2,333 (0,167)	1,751 (0,073)	Không	0,272	0,594 (0,081)	0,420 (0,028)	-0,415	-0,336	0,056	4,225	nd

Ghi chú: Số alen trong mỗi locus (*Na*); số alen hiệu quả (*Ne*); Null allele (alen lặn); hàm lượng thông tin đa hình (*PIC*); Dị hợp tử quan sát được (*Ho*); Dị hợp tử mong đợi (*He*); Sinh sản cận huyết trong mỗi locus (*Fis*); hệ số sai khác trong mỗi locus (*Fit*); khác biệt kiểu gen giữa các locus (*Fst*); hệ số trao đổi gen giữa các locus (*Nm*); HW, Phương trình Hardy-Weinberg (*HWE*); không ý nghĩa (*NS*); không xác định (*ND*), mức ý nghĩa ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. Độ lệch chuẩn (*SD*).

Trong số 15 cặp mồi SSR được lựa chọn, tất cả đều cho thấy mức độ đa hình cao, phản ánh rõ tiềm năng ứng dụng trong phân tích ĐDDT của loài Xá xị. Giá trị thông tin đa hình (Polymorphic Information Content - PIC), một chỉ số đánh giá khả năng phân biệt các kiểu gen của chỉ thị SSR, dao động từ 0,18 đến 0,77, với giá trị trung bình đạt 0,52. Điều này cho thấy phần lớn các locus SSR có khả năng cung cấp thông tin di truyền hữu ích, trong đó một số locus có thông tin di truyền khá cao ($PIC > 0,7$), phù hợp với yêu cầu cho các nghiên cứu về cấu trúc di truyền QT.

Số lượng alen ghi nhận được tại mỗi locus cũng phản ánh tính ĐDDT tương đối cao, với số alen trung bình (N_a) là 3,29 (dao động từ 2,00 đến 4,89) và số alen hiệu quả (N_e) đạt trung bình 2,18 (1,24-3,11). Các chỉ số về di hợp tử cho thấy hệ số di hợp tử quan sát (H_o) đạt trung bình 0,56 (dao động từ 0,08 đến 0,86), cao hơn hệ số di hợp tử kỳ vọng ($H_e = 0,47$; dao động từ 0,14 đến 0,66), gợi ý khả năng duy trì tính ĐDDT và mức độ ngẫu phối nhất định trong QT tự nhiên.

Đáng chú ý, hệ số sinh sản cận noãn (Fis) trung bình có giá trị âm (-0,145), cho thấy xu hướng thừa di hợp tử trong tổng thể các locus, đây là một dấu hiệu tích cực cho thấy các QT Xá xị trong tự nhiên hiện vẫn đang duy trì mức độ trao đổi gen tương đối tốt và chưa có dấu hiệu suy giảm mạnh do giao phối cận noãn. Tuy nhiên, các giá trị Fis dương được phát hiện tại bốn locus cụ thể (PMP07, PMP08, PMP11 và PMP14), chỉ ra sự hiện diện của hiện tượng sinh sản cận noãn cục bộ, có thể xảy ra tại một số QT bị phân mảnh nghiêm trọng hoặc có kích thước hiệu quả nhỏ.

Chỉ số khác biệt kiểu gen giữa các QT (Fst) trung bình đạt 0,14 (dao động từ 0,04 đến 0,28), cho thấy mức độ phân hóa di truyền trung bình giữa các QT. Mặc dù có sự khác biệt về tần số alen, giá trị trao đổi di truyền (N_m) được ước lượng từ Fst, đạt mức tương đối cao ($N_m = 2,16$), phản ánh mức độ trao đổi gene tương đối mạnh giữa các QT. Điều này gợi ý rằng, dù phân bố rời rạc, phân mảnh và bị tác động bởi các hoạt động nhân sinh, QT Xá xị vẫn duy trì được kết nối di truyền nhất định, có thể nhờ vào khả năng phát tán hạt qua động vật hoặc điều kiện địa hình liên kết trong quá khứ.

Phân tích mức độ ĐDDT của 9 QT Xá xị tại 5 vùng STLN Việt Nam (Bảng 3.13) đã cung cấp thông tin về cấu trúc và tiềm năng di truyền của loài trong điều kiện phân bố tự nhiên. Kết quả cho thấy tỷ lệ locus đa hình trung bình đạt tới 94,07%, phản ánh mức độ biến dị di truyền cao trong loài Xá xị. Giá trị này dao động từ 80% tại QT thuộc tỉnh Vĩnh Phúc (VP) đến mức cao nhất là 100% tại các QT thuộc Lâm Đồng (LD), Thanh Hóa (TH), Quảng Nam (QN), Phú Yên (PY) và Phú Thọ (PT), cho thấy sự bảo tồn tương đối tốt của nguồn gen ở những khu vực này.

Số alen quan sát được (Na) trung bình trong 9 QT đạt 3,29, cho thấy sự phong phú về mặt kiểu gen ở cấp độ QT. Quần thể tại LĐ thể hiện giá trị cao nhất ($Na = 4,4$), trong khi quần thể PY ghi nhận giá trị thấp nhất ($Na = 2,67$). Số alen hiệu quả (Ne), một chỉ số phản ánh mức ĐDDT thực sự, dao động từ 2,18 tại Hòa Bình (HB) đến 2,91 tại LĐ, với trung bình là 2,18, cho thấy sự duy trì tương đối tốt các biến thể di truyền có ý nghĩa sinh thái và thích nghi.

Chỉ số di hợp tử quan sát (Ho) trung bình là 0,56 (dao động 0,39-0,74) và hệ số di hợp tử kỳ vọng (He) trung bình đạt 0,47 (dao động 0,39-0,58). Trong số đó, QT tại tỉnh Hòa Bình thể hiện mức độ ĐDDT thấp nhất, với cả Ho và He cùng ở mức 0,39, phản ánh khả năng đã có hiện tượng thu hẹp QT, suy giảm tái tổ hợp di truyền hoặc giao phối cận huyết xảy ra trong quá khứ gần. Ngược lại, hai QT thuộc vùng Tây Nguyên là Gia Lai (GL) và Lâm Đồng (LĐ) đạt các giá trị cao nhất (GL: $Ho = 0,58$, $He = 0,55$; LĐ: $Ho = 0,55$, $He = 0,54$), cho thấy đây là những trung tâm bảo tồn di truyền quan trọng của loài. Sự phong phú về alen trung bình và alen hiệu quả tại các QT thuộc Tây Nguyên không chỉ phản ánh điều kiện sinh thái tương đối ổn định, ít bị phân mảnh, mà còn cho thấy khả năng tồn tại lâu dài của loài Xá xị tại đây. Những đặc điểm này có ý nghĩa sinh thái và bảo tồn lớn, bởi ĐDDT cao giúp QT nâng cao khả năng thích nghi với các yếu tố biến động môi trường, từ đó tăng cường sức sống và khả năng phục hồi trong dài hạn. Từ các Kết quả trên, có thể khẳng định rằng các QT Xá xị tại vùng STLN Tây Nguyên (đặc biệt là GL và LĐ) cần được ưu tiên trong các chương trình bảo tồn in situ lẫn ex situ. Đồng thời, các QT có giá trị ĐDDT thấp như tại HB hoặc VP nên được theo dõi sát sao hơn nhằm phát hiện sớm nguy cơ suy giảm di truyền, phục hồi bằng các biện pháp hỗ trợ như tăng cường trao đổi gen hoặc cải tạo sinh cảnh nhằm tạo điều kiện cho sự tái thiết lập dòng gene trong tự nhiên.

Hệ số sinh sản cận noãn (Fis) là một chỉ số quan trọng trong di truyền học QT, biểu thị sự gia tăng tỷ lệ cá thể mang gen đồng hợp tử trong một locus nhất định. Giá trị Fis phản ánh mức độ giao phối cận noãn trong QT, dẫn đến sự giảm dị hợp tử và gia tăng đồng hợp tử, đặc biệt là đồng hợp tử lặn. Điều này có thể gây ra hiện tượng "suy giảm di truyền" do các alen lặn có hại được biểu hiện, làm suy giảm sức sống và khả năng thích nghi của các cá thể trong QT.

Quần thể Xá xị ở vùng STLN Đông Bắc (VP, QN và PT), vùng STLN Tây Bắc (HB) và vùng STLN Bắc Trung Bộ (TH) chỉ ra giá trị $Fis > 0$, chỉ ra sự dư thừa đáng kể các kiểu gen đồng hợp tử. Đây là dấu hiệu của giao phối cận huyết hoặc mức độ

thụ phần chéo thấp, dẫn đến sự tích lũy các alen đồng hợp tử, bao gồm cả các alen lặn có hại. Hệ quả là khả năng chống chịu của QT bị suy giảm, đặc biệt khi đối mặt với áp lực môi trường bị thay đổi. Những QT này cần được ưu tiên bảo tồn để giảm thiểu rủi ro cận huyết. Các chiến lược như gia tăng trao đổi dòng gen từ các QT khác và duy trì môi trường sống đa dạng là cần thiết.

Quần thể Xá xị Nam Trung Bộ (QNm và PY) và Tây Nguyên (LĐ và GL) có giá trị $F_{is} < 0$, chỉ ra sự vượt trội của kiểu gen dị hợp tử, phản ánh trong các QT này thụ phần chéo cao. Điều này có thể giúp duy trì tính ĐDDT, làm tăng khả năng thích nghi và sức sống của các cá thể. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng các giá trị F_{is} âm không loại trừ hoàn toàn khả năng xảy ra giao phối cận noãn, mà chỉ cho thấy mức độ này rất thấp hoặc không đáng kể. Các QT này cho thấy sự ổn định di truyền, nhưng cần giám sát dài hạn để phát hiện sớm bất kỳ xu hướng suy giảm nào.

Hiện tượng thắt nút cổ chai phát hiện bằng Bottleneck: Dựa trên mô hình đột biến 2 giai đoạn (TPM) và mô hình đột biến từng bước (SMM) chỉ ra QT ở VP xuất hiện dấu hiệu của hiện tượng "thắt nút cổ chai" với giá trị $p < 0,05$. Điều này ám chỉ rằng QT đã trải qua một lịch sử suy giảm kích thước nghiêm trọng. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với giá trị F_{is} âm, cho thấy sau giai đoạn giảm kích thước QT, thì QT có thể đã khôi phục một phần nhờ sự thụ phần chéo, nhưng sự ĐDDT vẫn có thể bị ảnh hưởng.

Giá trị cận noãn được điều chỉnh với alen lặn ($F_{is} IIM$): Hệ số sinh sản cận huyết IIM (F_{is} điều chỉnh) dao động từ 0,01 (LĐ) đến 0,038 (HB), với trung bình là 0,02. Đây là mức F_{is} thấp, cho thấy sự hiện diện của các alen null không làm thay đổi đáng kể kết quả. Mức F_{is} thấp này có thể được giải thích bởi khả năng trao đổi di truyền chéo trong QT hoặc sự ổn định di truyền tương đối sau các sự kiện cận huyết trong quá khứ. Nhìn chung, hệ số sinh sản cận noãn (F_{is}) rất hữu hiệu để đánh giá sự ổn định di truyền trong QT và loài Xá xị. Sự khác biệt về giá trị F_{is} giữa các QT phản ánh những đặc điểm thụ phần chéo và lịch sử di truyền riêng biệt. Kết hợp với các công cụ phân tích hiện tượng suy giảm kích thước quần thể (Bottleneck) và xác định giá trị cận noãn được điều chỉnh với alen lặn ($F_{is} IIM$) sẽ cung cấp CSKH để định hướng bảo tồn bền vững.

Bảng 3.13. Đa dạng gen và kiểm tra Bottleneck 9 quần thể Xá xị của 5 vùng STLN Việt Nam

Vùng STLN	QT	N	Na	Ne	P%	Ho	He	Fis	FisIIM	P value of bottleneck	
										TPM	SMM
Tây Nguyên	GL	40	4,13	2,91	93,33	0,58	0,55	$\bar{0},14$	0,027	ns	ns
	LĐ	31	4,40	2,71	100	0,55	0,54	$\bar{0},09$	0,010	**	ns
Nam Trung Bộ	QNm	20	3,80	2,21	100	0,50	0,49	$\bar{0},03$	0,017	ns	ns
	PY	22	2,67	1,85	100	0,68	0,41	$\bar{0},64$	0,015	ns	ns
Bắc Trung Bộ	TH	20	3,93	2,40	100	0,52	0,54	0,01	0,018	ns	ns
Đông Bắc	VP	19	2,40	1,85	80,00	0,40	0,71	0,71	0,022	*	*
	PT	19	3,13	2,00	100	0,45	0,69	0,40	0,019	ns	ns
	QN	19	2,73	1,84	86,67	0,39	0,50	0,19	0,018	ns	ns
Tây Bắc	HB	18	2,40	1,84	86,67	0,39	0,39	0,01	0,038	ns	ns
Trung bình			3,29	2,18	94,07	0,56	0,47	$\bar{0},19$	0,02		

Ghi chú: Số mẫu (N), Quần thể (QT), Số alen trong mỗi locus (Na); số alen hiệu quả (Ne); tỉ lệ % locus đa hình (P%); gen dị hợp tử quan sát (Ho); gen dị hợp tử kỳ vọng (He); FisIIM: chỉ số cận noãn được điều chỉnh với alen lặn, mô hình alen không xác định (IAM); mô hình đột biến 2 giai đoạn (TPM); không ý nghĩa (ns); mức ý nghĩa * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$.

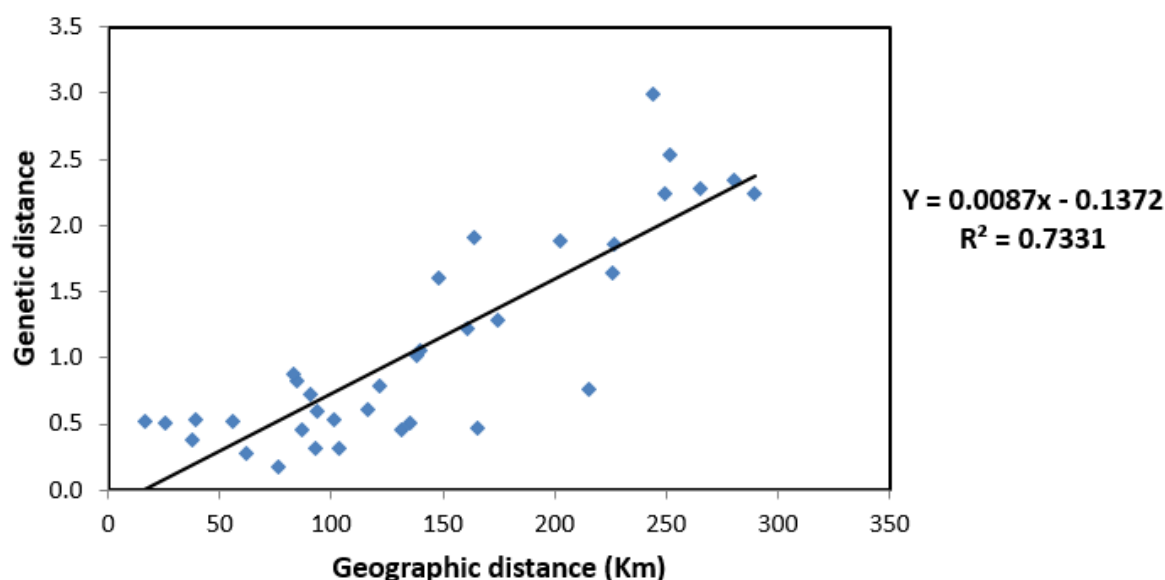
3.3.2.2 Cấu trúc di truyền quần thể và kiểm nghiệm Mantel

Phân tích phương sai phân tử (AMOVA) cho thấy mức độ biến dị di truyền chủ yếu tập trung ở cấp độ cá thể (90%), trong khi sự khác biệt giữa các QT chỉ chiếm 10% (Bảng 3.14). Đây là một đặc điểm di truyền phổ biến trong QT sinh vật và đóng vai trò quan trọng trong bảo tồn ĐDDT. Biến dị di truyền cao giữa các cá thể loài Xá xị là tín hiệu tích cực, góp phần duy trì nguồn biến dị di truyền cần thiết cho sự thích nghi và tiến hóa. Biến dị này không chỉ xuất hiện giữa các cá thể mà còn tồn tại giữa các QT và xuất xứ khác nhau, tạo nền tảng cho sự ĐDSH và đảm bảo tính ổn định

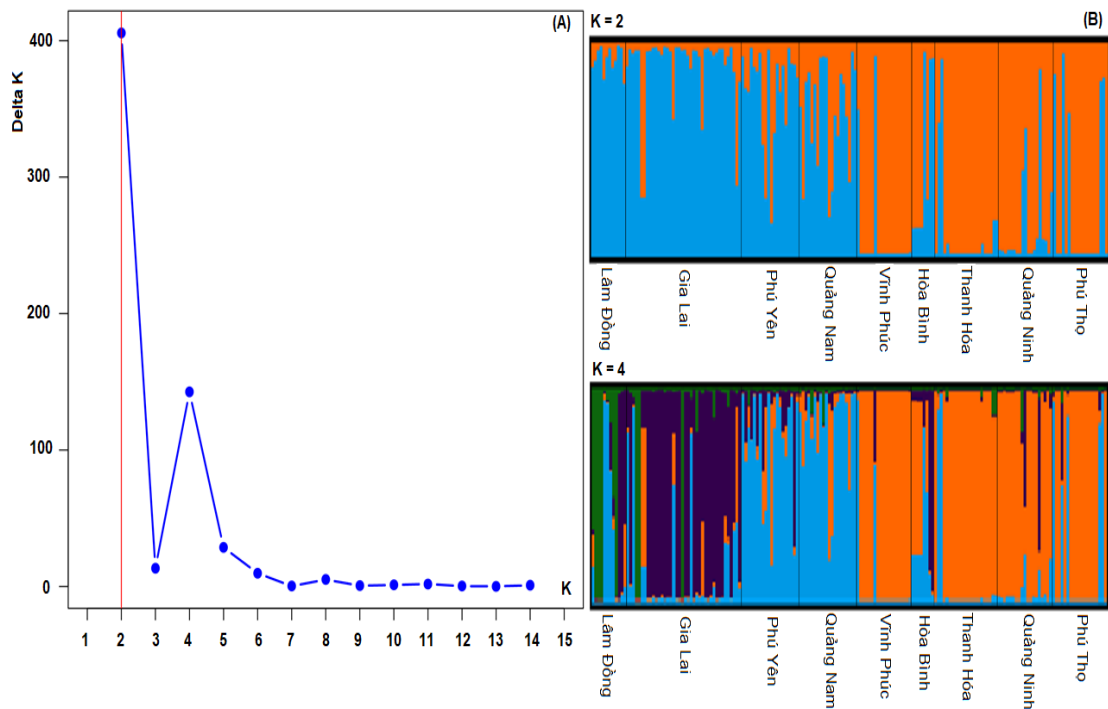
lâu dài của loài. Sự đáp ứng của loài Xá xị và các QT với môi trường sống là một quá trình tiến hóa, trong đó biến dị di truyền đóng vai trò then chốt. Đồng thời, đây cũng là nguồn nguyên liệu hữu ích cho công tác cải thiện giống. Do đó, để tối ưu hóa lợi ích di truyền bền vững trong quá trình chọn giống, việc bảo tồn nguồn gen cần được xem là ưu tiên bậc nhất.

Bảng 3.14. Phân tích AMOVA giữa các quần thể Xá xị

	Bậc tự do	Tổng bình phương	Mức độ khác nhau	Tỷ lệ (%)	P (ý nghĩa của kết quả phân tích)
Giữa các quần thể	8	177.142	0.493	10	0.001
Giữa các cá thể trong quần thể	170	504.179	0.000	0	
Giữa các cá thể	179	774.500	4.327	90	
Tổng	357	1455.821	4.820	100	



Hình 3.13. Kiểm nghiệm Mantel về khoảng cách di truyền và khoảng cách địa lý của 9 quần thể



Hình 3.14. Phân bố gen loài Xá xị (Giá trị ΔK lớn nhất với $K=2$) trên cơ sở Bayesian

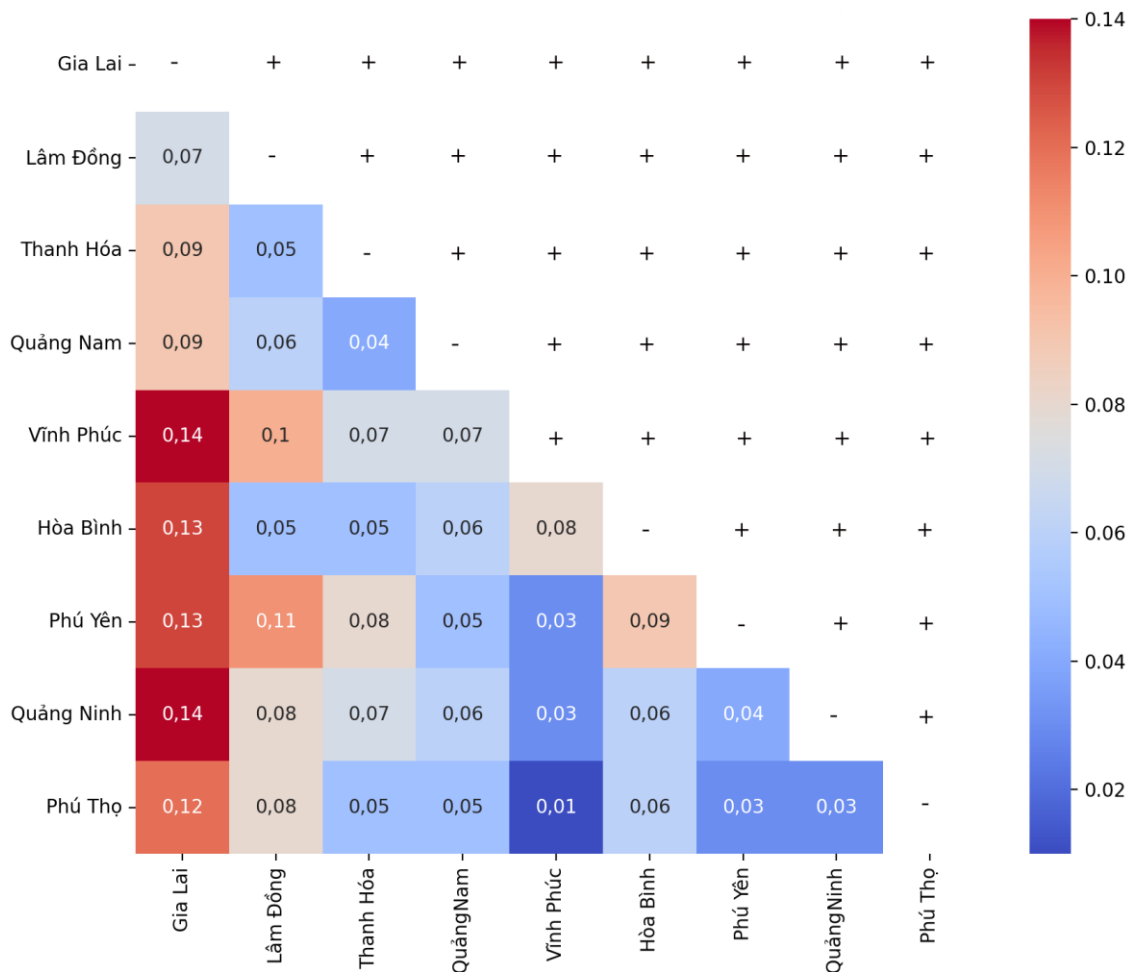
Kết quả phân tích tương quan giữa khoảng cách di truyền $F_{ST}/(1-F_{ST})$ và khoảng cách địa lý bằng phép thử Mantel cho thấy hệ số tương quan $r = 0,856$ (p -value $< 0,01$) tại $\alpha = 0,05$ chứng tỏ có sự tương quan thuận giữa khoảng cách di truyền và khoảng cách địa lý, và mối tương quan này có giá trị thống kê (Hình 3.13). Kết quả này cho thấy rằng các hoạt động nhân sinh ảnh hưởng đến lịch sử tồn tại, phát triển của loài.

Phân tích Bayesian sử dụng Struture đã cho thấy 2 đỉnh tại $K = 2$ và 4 (Hình 3.14 A, B). $K=2$ có giá trị deltaK cao nhất (405,5), tiếp theo $K = 4$ với delta K = 142,6. Tuy nhiên, số cụm di truyền tối ưu là $K=2$, với giá trị deltaK cao nhất (delta K=405,5) được nhận từ kết quả phân tích bởi phần mềm Structure Harvester. Với $K=2$, các QT được chia thành 2 nhóm di truyền khác nhau.

Nhóm di truyền 1 gồm hai vùng STLN Tây Nguyên (GL và LD) và Nam Trung Bộ (PY và QNm). Nhóm di truyền 2 gồm vùng STLN Bắc Trung Bộ (TH), Tây Bắc (HB), và Đông Bắc (VP, PT, QN). Tỷ lệ phần trăm màu sắc (màu xanh lá cây và cam) của 179 cá thể cho thấy tỷ lệ tổ tiên liên quan đến từng nhóm di truyền. Nhóm di truyền thứ 2 (màu cam) đại diện cho tất cả các cá thể từ các QT các vùng STLN Bắc Trung Bộ, Tây Bắc và Đông Bắc. Trong khi cụm di truyền thứ nhất (màu xanh lá cây) đại diện cho các QT trong hai vùng STLN Tây Nguyên và Nam trung bộ. Khi $K=4$ các QT được phân thành năm nhóm di truyền.

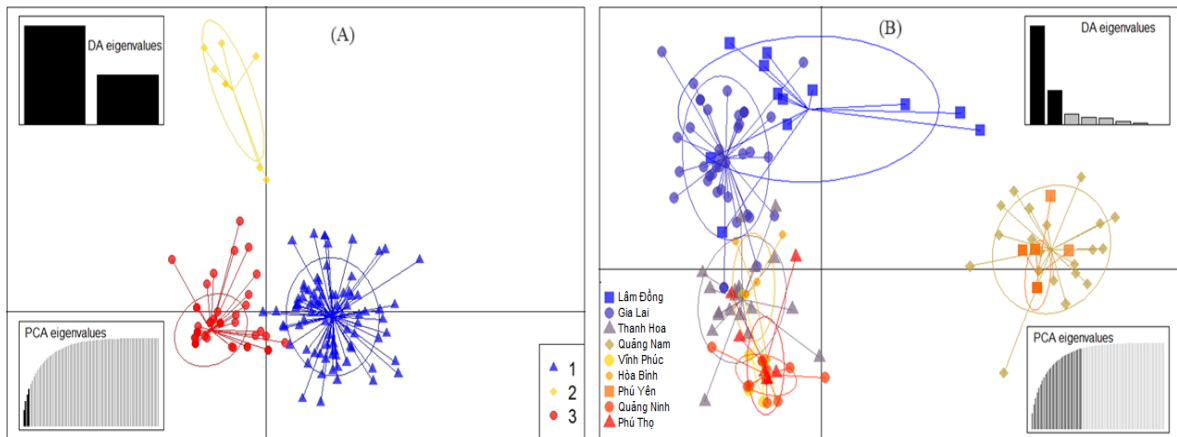
3.3.2.3. Khoảng cách di truyền giữa các quần thể

Phân tích ma trận khoảng cách di truyền giữa 9 QT Xá xị tại 5 vùng STLN Việt Nam đã cung cấp bằng chứng rõ ràng về sự phân hóa di truyền trong không gian địa lý (Hình 3.15). Giá trị khác nhau về di truyền cùng trong vùng STLN Đông Bắc là thấp nhất, ví dụ như: giữa cặp QT tại VP và PT ($F_{ST} = 0,01$; $p = 0,05$) và cao nhất xuất hiện giữa các QT trong vùng STLN khác nhau, chẳng hạn như ở cặp VP/GL và GL/QN với giá trị $F_{ST} = 0,14$ ($p = 0,05$), trung bình 0,06. Giá trị này được tìm thấy cho các cặp QT cùng khu vực phân bố khác nhau là thấp. Kết quả này cũng phản ánh có sự trao đổi di truyền giữa các QT liên quan đến khoảng cách địa lý.

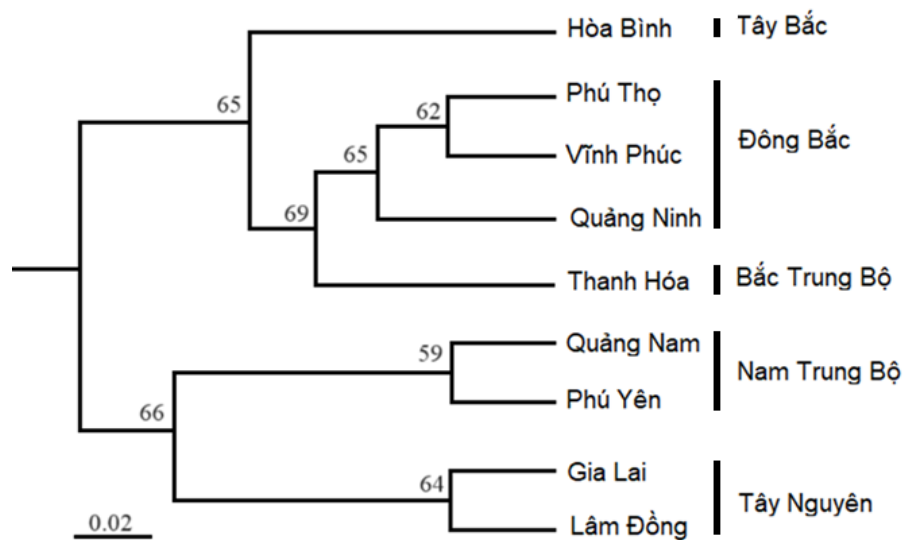


Chú thích: Phần dưới là giá trị F_{ST} , phần trên là giá trị $^+p < 0,05$

Hình 3.15. Sự khác biệt di truyền giữa các quần thể trong loài Xá xị (dưới) và ý nghĩa giữa các cặp quần thể (trên)



Hình 3.16. Phân tích khác biệt thành phần chính (DAPC) của loài Xá xị. Biểu đồ DAPC không có thông tin trước (A) và Biểu đồ DAPC có thông tin trước (B)



Hình 3.17. Quan hệ di truyền giữa 9 quần thể Xá xị trong 5 vùng STLN Việt Nam trên bằng UPGMA

Phân tích khác biệt thành phần chính (Discriminant Analysis of Principal Components - DAPC) đã chỉ ra mức độ chồng lấn giữa 9 QT của loài Xá xị của 5 vùng STLN Việt Nam (Hình 3.16). Khi không có thông tin cho trước về vùng địa lý (Hình 3.16A), DAPC phân chia 9 QT thành 3 cụm chính: (1) cụm Tây Nguyên gồm các quần thể GL và LD; (2) cụm Nam Trung Bộ gồm QNm và PY; và (3) cụm Bắc Trung Bộ, Tây Bắc và Đông Bắc bao gồm các quần thể TH, HB, VP, PT và QN. Điều này cho thấy sự tương quan giữa cấu trúc di truyền và địa lý sinh học - một đặc điểm thường thấy trong các loài thực vật gỗ phân bố rải rác trong các sinh cảnh rừng nhiệt đới gió mùa bị phân mảnh. Khi sử dụng thông tin cho trước về nguồn gốc địa lý trong phân tích DAPC (Hình 3.16B), các cụm gen trong cùng một vùng sinh thái cho thấy mức độ chồng lấn cao, làm nổi bật đặc điểm trao đổi gen nội vùng và sự tương đồng

di truyền giữa các cá thể cùng vùng STLN. Mức độ phân biệt di truyền thấp giữa các QT cùng vùng STLN cũng củng cố thêm cho giả thuyết về sự lưu thông dòng gen nội vùng, có thể thông qua các cơ chế như phát tán phấn hoa hoặc hạt giống theo dòng gió, động vật hoặc tác động con người ở cấp địa phương.

Bổ sung cho các phân tích trên, phân cụm di truyền theo phương pháp UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (Hình 3.17) cũng củng cố sự tồn tại của ba nhóm tương ứng với ba vùng địa lý lớn. Nhóm 1 gồm hai QT Tây Nguyên (GL, LD) - khu vực được biết đến với điều kiện sinh thái khá ổn định và ít bị chia cắt; Nhóm 2 gồm hai QT ở Nam Trung Bộ (PY, QNm), Nhóm 3 gồm năm QT trải rộng từ Đông Bắc, Tây Bắc, Bắc Trung Bộ (QN, VP, PT, TH, HB). Đáng chú ý, trong nhóm 3, quần thể HB tách biệt rõ rệt khỏi các QT còn lại, điều này cho thấy khả năng xảy ra sự cô lập về mặt di truyền - có thể là do điều kiện địa lý và sự thu hẹp sinh cảnh tự nhiên tại vùng Tây Bắc. Trong khi quần thể VP và PT (vùng Đông Bắc) có mối quan hệ gần gũi hơn so với quần thể QN và quần thể TH. Quần thể VP và PT có tương đồng di truyền cao (cùng vùng Đông Bắc) được củng cố bởi cả ba phân tích: F_{ST} thấp, mức độ chồng lấn cao trên biểu đồ DAPC, và sự gắn kết gần trong phân tích UPGMA. Mối liên hệ di truyền giữa QN và TH (hai vùng phân bố khác nhau) yếu hơn, cho thấy sự phân hóa rõ ràng không chỉ do khoảng cách địa lý, địa chất, dòng gen hạn chế hoặc những thay đổi do con người tác động lên sinh cảnh trong quá khứ.

Các kết quả phân tích đa chiều này cho thấy rằng cấu trúc di truyền của loài Xá xị ở Việt Nam là kết quả tổng hợp giữa yếu tố địa lý, lịch sử tiến hóa và tác động nhân sinh đến động lực dòng gen. Điều này gợi ý rằng các chiến lược bảo tồn nên tính đến đơn vị QT cấp vùng, đặc biệt ưu tiên các khu vực có mức độ ĐDDT cao, đồng thời củng cố dòng gen nội vùng để duy trì sự ổn định di truyền và tăng cường khả năng thích nghi của loài trong bối cảnh BĐKH và suy giảm sinh cảnh đang diễn ra nhanh chóng.

3.3.3. Nhận định chung về biến động vùng sinh thái phù hợp của loài và các điểm nóng về di truyền

Kết quả mô hình và đánh giá ĐDDT cho 9 QT đã làm rõ sự khác biệt về đa dạng và cấu trúc di truyền giữa các QT Xá xị được thể hiện cho thấy là tổng hòa của nhiều yếu tố như địa lý, lịch sử (các thời kỳ trong quá khứ) và nhân sinh:

a. Khoảng cách và sự cô lập về địa lý: Mối tương quan chặt chẽ giữa khoảng cách di truyền và địa lý (Mantel test) cho thấy sự hạn chế dòng gen giữa các QT xa nhau về mặt địa lý. Các rào cản tự nhiên có thể đã hạn chế sự phát tán hạt hoặc phấn hoa, dẫn đến sự phân hóa di truyền. QT Hòa Bình (HB) tách biệt rõ rệt trong cây

UPGMA (Hình 3.17) có thể do sự cô lập di truyền vì điều kiện địa lý và sự thu hẹp sinh cảnh tự nhiên tại vùng Tây Bắc.

b. Lịch sử biến đổi khí hậu và phân bố loài: Quá trình phân tách di truyền thành hai nhóm chính (nhóm phía Bắc và nhóm phía Nam) có khả năng đã bắt đầu từ giai đoạn chuyển tiếp LGM sang MH khi điều kiện ôn hòa hơn, tạo nên các hành lang kết nối QT. Đây là nguyên nhân giải thích sự ra đời của nhóm di truyền QT Nam Trung Bộ và Tây Nguyên:

- Thời kỳ LGM, khoảng 20.000-26.000 năm trước, là giai đoạn lạnh nhất và khô hạn nhất trong kỷ băng hà gần đây nhất, là kết quả của sự tích tụ băng lớn ở Bắc Bán Cầu, dẫn đến điều kiện lạnh và khô [194]. Nhiệt độ trung bình toàn khu vực châu Á đã thấp hơn so với hiện tại từ 4°C đến 10°C, tùy thuộc vào vị trí, đai độ cao... Mức nước biển thấp hơn khoảng 120-130 m do băng tích tụ trên các lục địa, dẫn đến sự mở rộng của thềm lục địa và tạo điều kiện khô hạn trên nhiều khu vực.

- Thời kỳ MH, khoảng 6.000 năm trước, là giai đoạn có những thay đổi khí hậu đáng kể trên toàn cầu so với LGM, trong đó khu vực châu Á cũng chịu ảnh hưởng rõ rệt. Nhiệt độ ở châu Á trong thời kỳ MH được cho là cao hơn hiện tại do hiệu ứng của các yếu tố thiên văn, chẳng hạn như sự thay đổi trong quỹ đạo Trái Đất và độ nghiêng trục quay, làm tăng lượng bức xạ mặt trời ở vĩ độ cao vào mùa hè. Nhiệt độ trung bình mùa hè ở các khu vực như Đông Á, Siberia và Trung Á cao hơn hiện tại từ 1-3°C. Khu vực Bắc Á trải qua sự ấm lên rõ rệt do tác động của bức xạ mặt trời tăng cường trong mùa hè [195]. Tăng cường gió mùa mùa hè ở dẫn đến nhiệt độ ẩm hơn, nhưng độ ẩm và mưa lớn làm giảm bớt ảnh hưởng của sự ra tăng nhiệt độ ở một số khu vực. Nhìn chung, thời kỳ MH tại châu Á là một giai đoạn ẩm hơn so với hiện tại, nhưng mức độ và ảnh hưởng cụ thể thay đổi theo khu vực và địa phương [196].

- Từ thời kỳ LGM đến MH, các QT Xá xị đã mở rộng phạm vi phân bố về Nam Trung Bộ và Tây Nguyên với sự xuất hiện thêm các QT được ghi nhận như hiện nay (khu vực PY, LD, GL). Sự mở rộng này được giải thích bởi BĐKH trong giai đoạn này, bao gồm sự tăng nhiệt độ và thay đổi lượng mưa, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển và lan rộng của loài trong các khu vực có đặc điểm sinh thái phù hợp [45]. Phát hiện này tương đồng với phân tích di truyền giữa 9 QT, cho thấy sự phân tách thành hai nhóm di truyền gần gũi, trong đó nhóm Nam Trung Bộ và Tây Nguyên là 1 nhóm (Hình 3.16).

- Dựa trên mô hình và dữ liệu di truyền, có thể khẳng định bước đầu rằng quá trình phân tách di truyền có khả năng đã bắt đầu từ giai đoạn chuyển tiếp từ thời kỳ LGM sang thời kỳ MH khi điều kiện trở nên ôn hòa hơn. Sự biến đổi này được thúc

đây bởi các yếu tố khí hậu chủ đạo như nhiệt độ, độ ẩm, chế độ gió mùa và sự phân bố thảm thực vật, tạo nên hành lang kết nối các QT.

- Hiện tại, mặc dù các QT ở Tây Nguyên và Nam Trung Bộ đã không còn là vùng sinh thái phù hợp rất cao như trong giai đoạn quá khứ. Tuy nhiên, một số QT hiện nay như Lâm Đồng và một số tỉnh nam Tây Nguyên vẫn duy trì được các QT trong tự nhiên. Quần thể LĐ là ít bị ảnh hưởng nhất trong số các tỉnh Tây Nguyên bởi BĐKH trong giai đoạn quá khứ (Hình 3.6).

- Trong tương lai, BĐKH được dự đoán sẽ làm thay đổi đáng kể vùng sinh thái phù hợp của loài Xá xị, với xu hướng dịch chuyển từ Tây Nguyên lên phía Bắc, với sự sụt giảm diện tích vùng sinh thái có sự phù hợp cao và rất cao ở nhóm di truyền 2 (Tây nguyên và Nam Trung Bộ). Kết quả nghiên cứu mô hình cho các giai đoạn tương lai bước đầu cho rằng nguy cơ xuất phát từ sự gia tăng nhiệt độ, thay đổi lượng mưa và khả năng mất cân bằng độ ẩm, khiến các QT ở các điểm nóng về di truyền như Tây Nguyên và Nam Trung Bộ đối mặt với điều kiện sống ngày càng khắc nghiệt.

- Quá trình dịch chuyển vùng sinh cảnh phù hợp trong tương lai có nguy cơ làm giảm kích thước QT và ĐDDT [45]. Đặt ra thách thức cho công tác bảo tồn cần tập trung vào xây dựng các hành lang sinh thái, kết nối QT hiện tại với các vùng sinh thái phù hợp cho loài ở tương lai, kết hợp với các phương án nhằm phục hồi sinh cảnh rừng tự nhiên và giảm thiểu tác động từ con người để bảo vệ sự sống còn của nguồn gen loài trong bối cảnh BĐKH ngày càng phức tạp.

c. Tác động của con người tạo nên các điểm nóng di truyền và các quần thể cần theo dõi đặc biệt

Phân tích di truyền phân tử đã phát hiện các nhóm QT có dấu hiệu của giao phối cận huyết hoặc mức độ thụ phấn chéo thấp, làm suy giảm khả năng chống chịu của QT trước áp lực môi trường thay đổi, ngoài ra phát hiện nhóm QT có sự vượt trội của kiểu gen dị hợp tử, phản ánh mức độ thụ phấn chéo cao và khả năng duy trì ĐDDT tốt hơn:

- Điểm nóng di truyền: Các QT ở Tây Nguyên (GL, LĐ) với ĐDDT cao nhất là những "trung tâm bảo tồn di truyền quan trọng" và cần được ưu tiên cao nhất trong các chương trình bảo tồn nguyên vị (in situ).

- Hành lang sinh học: Thanh Hóa (TH) và Quảng Nam (QNm) đóng vai trò là "hành lang sinh học và vùng chuyển tiếp có tiềm năng cao" trong việc duy trì sự liên

kết và dòng gen giữa các QT. Bảo tồn nguyên vị ở đây không chỉ duy trì sự phong phú mà còn hỗ trợ kết nối không gian.

- Quần thể cần theo dõi đặc biệt: Các QT có ĐDDT thấp (HB, VP, PY) cần được giám sát chặt chẽ hơn để phát hiện sớm nguy cơ suy giảm di truyền.

3.4. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO TỒN XÁ XỊ TRONG CÁC VÙNG SINH THÁI LÂM NGHIỆP

3.4.1. Thực trạng biến động diện tích rừng tại khu vực có phân bố Xá xị

Diện tích rừng tự nhiên của 9 tỉnh:

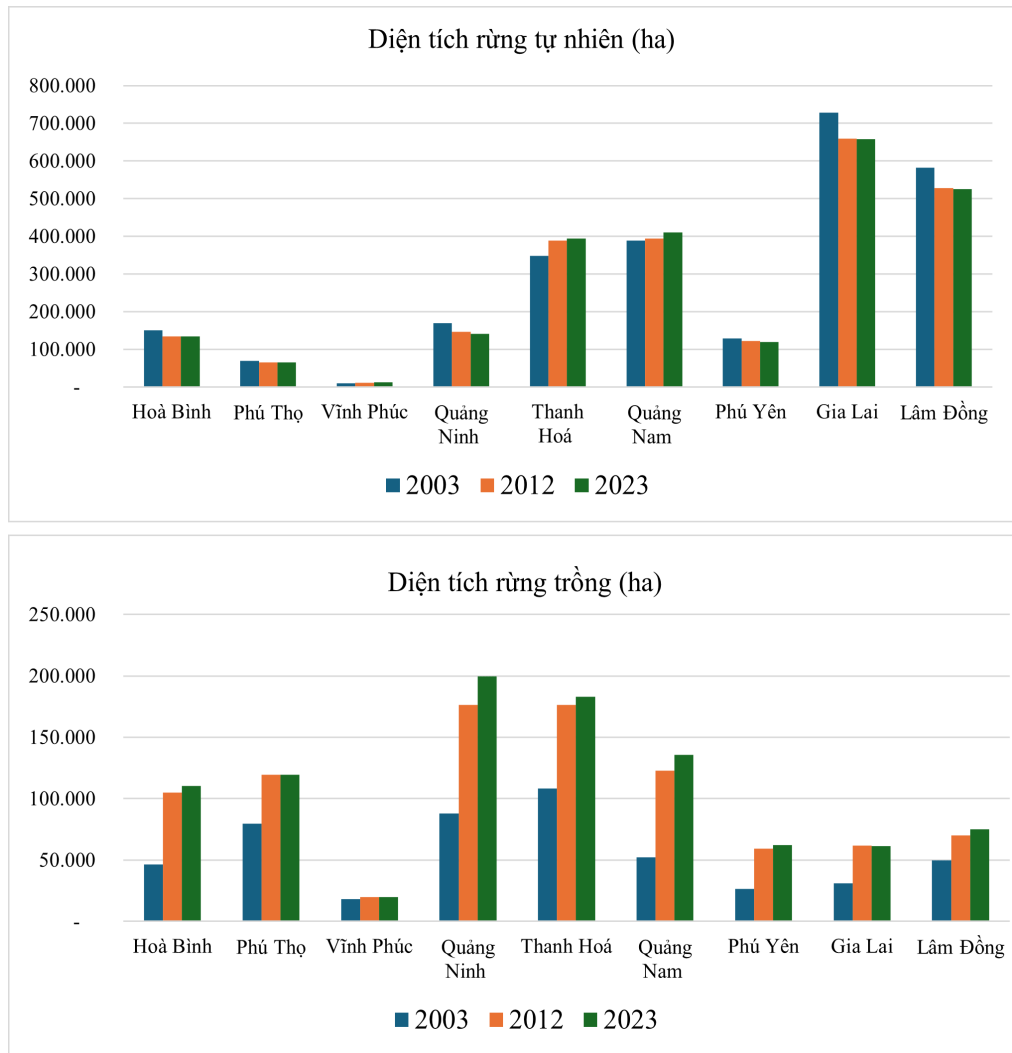
Nhận thấy có sự biến động qua các năm 2003, 2012 và 2023 (Hình 3.18). Một số tỉnh như Thanh Hóa, Quảng Nam có xu hướng tăng diện tích rừng qua các giai đoạn. Trong khi đó, Hòa Bình, Quảng Ninh, Phú Yên, Gia Lai và Lâm Đồng lại ghi nhận sự suy giảm diện tích rừng tự nhiên, mặc dù Gia Lai và Lâm Đồng vẫn dẫn đầu về diện tích nhưng giảm dần qua các năm. Một số tỉnh như Vĩnh Phúc, Phú Thọ có diện tích rừng thấp và gần như không thay đổi. Xu hướng này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về suy giảm diện tích rừng ở Tây Nguyên [197].

Diện tích rừng trồng của 9 tỉnh:

Hình 3.18 cho thấy một xu hướng tăng mạnh và phổ biến về diện tích rừng trồng trên hầu hết các tỉnh được khảo sát từ năm 2003 đến năm 2023. Mô hình này hoàn toàn trái ngược với xu hướng giảm chung được quan sát ở các khu vực rừng tự nhiên, cho thấy sự thay đổi đáng kể trong các ưu tiên quản lý và phát triển rừng.

Đáng chú ý, Quảng Ninh và Thanh Hóa có mức tăng mạnh nhất, lần lượt đạt trên 200.000 ha vào năm 2023. Các tỉnh Hòa Bình, Phú Thọ, Quảng Nam, Phú Yên, Gia Lai và Lâm Đồng cũng ghi nhận sự gia tăng diện tích rừng trồng qua từng năm, trong đó Hòa Bình và Phú Thọ tăng khá rõ rệt. Vĩnh Phúc có diện tích rừng trồng thấp nhất và gần như không thay đổi nhiều.

Nhìn chung, xu hướng chung là diện tích rừng trồng đều được mở rộng ở hầu hết các tỉnh (Hình 3.18). Tuy nhiên, sự mở rộng của rừng trồng, thường bao gồm các loài cây đơn canh, không thể tái tạo hoàn toàn các chức năng sinh thái phức tạp, ĐDSH phong phú và khả năng thích ứng với BĐKH của rừng tự nhiên.



Hình 3.18. Diện tích rừng tự nhiên và rừng trồng từ năm 2003 đến năm 2023 tại các khu vực nghiên cứu (Nguồn: Cục Lâm nghiệp 2023 [198])

3.4.2. Nguyên nhân gây ra biến động diện tích rừng và suy thoái nguồn gen loài Xá xị

Dựa trên các kết quả đã trình bày về mức độ ĐDDT của 9 QT Xá xị tại 5 vùng STLN Việt Nam, có thể thấy rõ rằng các biến động tiêu cực trong sử dụng đất và diễn thế rừng đã ảnh hưởng sâu sắc đến khả năng tồn tại và cấu trúc di truyền của loài này trong tự nhiên. Kết quả từ các cuộc khảo sát dã ngoại của đề tài đã ghi nhận bước đầu sự suy giảm kích thước QT Xá xị do 09 nguyên nhân sau:

(1) Khai thác gỗ

Khai thác gỗ liên quan đến việc tạo ra các khoảng trống làm biến đổi cấu trúc thảm thực vật ban đầu (Hình 3.19). Hoạt động này chủ yếu là di rời các cây gỗ lớn có giá trị kinh tế cao với kích thước đường kính lớn ra khỏi rừng bằng cách chặt từ gốc cây làm thay đổi cấu trúc thảm thực vật. Phân bố không gian và cấu trúc tuổi cây rừng bị biến đổi.

(2) Ô nhiễm môi trường và BĐKH

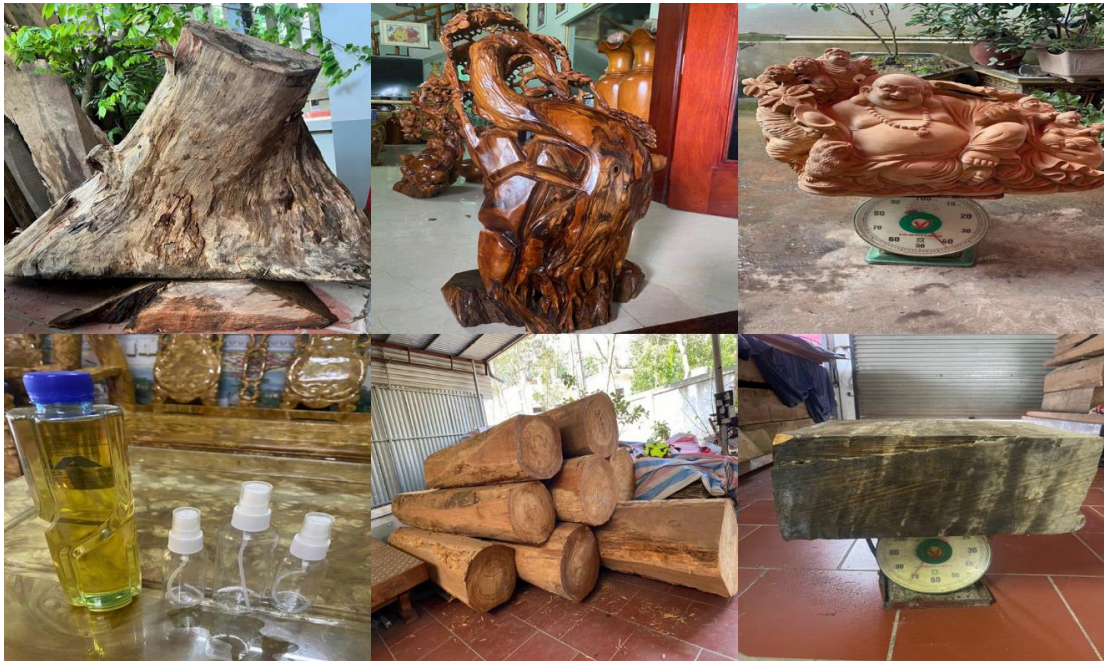
Ô nhiễm môi trường và BĐKH là những nguyên nhân gián tiếp đe dọa đến khả năng tái tạo, phục hồi của thảm thực vật. Quá trình phục hồi và phát triển tự nhiên của các kiểu thảm diễn ra rất phức tạp và khá phụ thuộc vào nhiều yếu tố, nên tác động của con người cũng rất khó khăn. Do điều kiện cơ sở vật chất kỹ thuật, nhân lực cho các hoạt động quản lý bảo vệ rừng còn hạn chế.

(3) Hoạt động khai thác lâm sản trái phép

Kết quả khảo sát trên các tuyến cho thấy có một số vết tác động của người dân như: thu hái trái phép một số lâm sản, tận thu trái phép các cây gỗ đã chết trong rừng từ lâu về đóng đồ dùng trong nhà hoặc làm củ đun. Các hoạt động khai thác trái phép này có thể làm thay đổi cấu trúc của thảm thực vật, ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến sinh trưởng và phát triển các loài thực vật trong các kiểu thảm.

(4) Khai thác vì mục đích làm cảnh và lấy tinh dầu

Cây Xá xị được người dân địa phương khai thác chủ yếu để làm cảnh và chưng cất tinh dầu phục vụ nhu cầu sinh hoạt. Bên cạnh đó, gỗ và rễ cây có màu sắc đẹp, mùi thơm đặc trưng nên rất được ưa chuộng trong chế tác thủ công mỹ nghệ và trang trí nội thất.



Hình 3.19. Hiện tượng khai thác gỗ và gốc làm thủ công mỹ nghệ, lấy tinh dầu

(5) Hoạt động xây dựng các tuyến đường

Tuyến đường này không chỉ giúp người dân dễ dàng tiếp cận khu vực mà còn làm gia tăng áp lực lên tài nguyên rừng, dẫn đến nguy cơ khai thác trái phép. Hơn nữa, nó trở thành tuyến vận chuyển lâm sản trái phép, gây khó khăn cho công tác quản lý và bảo vệ rừng. Việc mở đường cần được cân nhắc kỹ lưỡng để đảm bảo phát triển bền vững, hạn chế tối đa các tác động tiêu cực đến môi trường và tài nguyên thiên nhiên.

(6) Hoạt động du lịch

Hoạt động du lịch tại các khu vực như Rừng quốc gia Yên Tử (QN), Rừng di sản Pơmu (Tây Giang, QN), Khu BTTN Kon Chu Răng (GL), Khu rừng Núi Voi (LĐ), VQG Tam Đảo (VP) và Kim Bôi (HB) cũng là nguyên nhân dẫn đến làm suy giảm số cá thể trong các QT sống ở đó. Tất cả các khu này đang trở thành những nơi du lịch tiềm năng để bổ sung nguồn kinh phí cho người dân địa phương và chính quyền sở tại. Như là lợi ích kinh tế từ du lịch, hệ thống cơ sở hạ tầng và mức sống của người dân ở các khu vực này được nâng cao.

(7) Chăn thả gia súc

Tập quán chăn nuôi gia súc thả rông trong rừng, phổ biến ở cả miền Bắc và Tây Nguyên Việt Nam, đang gây ảnh hưởng tiêu cực đến HST rừng tự nhiên. Tại miền Bắc, nơi chủ yếu có rừng nhiệt đới lá rộng, việc chăn thả gia súc làm suy giảm khả năng tái sinh của các loài cây gỗ quý như dẻ, lim, và sến, do gia súc ăn chồi non và làm tổn hại tầng thực vật thấp. Trong khi đó, ở Tây Nguyên, nơi có đa dạng các loại rừng, việc chăn thả không kiểm soát làm giảm mật độ các loài cây bản địa quan trọng như dầu và thông.

(8) Mất nơi sống do mở rộng đất nông nghiệp

Mất nơi sống do mở rộng đất nông nghiệp được xác định là yếu tố quan trọng dẫn đến làm suy giảm nhanh số lượng cá thể trong mỗi QT, đôi khi dẫn đến sự tuyệt chủng cục bộ của loài, đặc biệt những loài có đời sống thích nghi cao tại khu vực này. Phá rừng làm nương rẫy, phát triển nông nghiệp và hình thành các khu định cư là hình thức phổ biến. Số cá thể trong những QT này nhỏ và tản mạn, chủ yếu còn sót lại trong quá trình phá rừng làm nương rẫy.

Loài Xá xị chỉ duy trì rất ít về số lượng QT và kích thước của mỗi QT. Chỉ có khoảng 10 QT với kích thước trung bình không quá 100 cá thể/QT. Nhiều QT chỉ còn vài chục cá thể. QT nhiều cá thể nhất cũng không quá 500 cá thể ở Tây Nguyên (GL và LĐ). Mace và Lande (1991) đã chỉ ra rằng sự tuyệt chủng của loài thường xảy ra

khi số lượng cá thể của bất kỳ loài nào nằm trong phạm vi ở mức 50 hoặc 500 được xem xét ở mức nguy hiểm cần phải được bảo vệ ngay hoặc đang ở tình trạng bị đe dọa, tương ứng [199]. Như vậy, loài Xá xị được xếp vào danh sách các loài đang bị đe dọa tuyệt chủng như nằm trong danh sách cần phải được bảo vệ ở Việt Nam [6] và trong nhóm II hạn chế khai thác, sử dụng vì mục đích thương mại [7]. Ngoài ra, các QT còn lại (QN; LĐ; PY, QNm) phần lớn đang tồn tại trong các mảnh rừng thứ sinh được quản lý bởi Hạt Kiểm lâm huyện. Các QT này đang bị đe dọa liên quan đến nơi sống của chúng bị phá hủy hoặc bị suy giảm nghiêm trọng.



Hình 3.20. Hình ảnh mất nơi sống loài Xá xị ở các vùng sinh thái

(9) Cháy rừng

Cháy rừng thường liên quan đến người dân địa phương, là nguyên nhân làm suy giảm diện tích rừng. Cháy rừng thường xuất hiện vào mùa khô, từ tháng 10 đến 12 hàng năm. Đây là thời điểm cao điểm của mùa khô, lượng mưa ít và khô hanh, lá rụng nhiều và gió thổi mạnh nên dễ dàng cháy và lửa phát tán rộng vào khu vực có rừng và cây bụi. Ở một số nơi, hiện tượng người dân gom những cành lá khô đốt ngay dưới gốc cây cũng là nguyên nhân dẫn đến cháy rừng.

3.4.3. Đề xuất các giải pháp bảo tồn, phục hồi và phát triển loài Xá xị

Để đáp ứng yêu cầu của Điều 44 Luật Lâm nghiệp 2017 về “Phát triển giống cây lâm nghiệp”, kết quả nghiên cứu của Luận án góp phần đề xuất các giải pháp bảo tồn loài Xá xị (*Cinnamomum parthenoxylon*) tại Việt Nam. Những giải pháp cần được thực hiện đồng bộ, với sự phối hợp giữa các cơ quan chức năng, cộng đồng địa phương và sự quan tâm của các tổ chức quốc tế.

a. Phát triển rừng giống và lưu giữ nguồn gen (có tham khảo Điều 44, điểm 1 và 2 về phát triển giống cây lâm nghiệp, Luật Lâm nghiệp 2017 làm cơ sở đề xuất):

- *Thu thập và lưu giữ nguồn gen*: Đề xuất thu thập mẫu vật di truyền từ các QT Xá xị hiện hữu, đặc biệt là ở các khu vực có ĐDDT thấp như Hòa Bình (HB), Vĩnh Phúc (VP) và Phú Yên (PY), để lưu giữ tại các ngân hàng gen, vườn thực vật hoặc cơ sở nghiên cứu. Đồng thời, khuyến nghị thu thập hạt giống loài Xá xị từ các cây trội phân bố tự nhiên tại các khu vực địa lý khác nhau để xây dựng ngân hàng hạt giống.

- *Xây dựng và quản lý vườn giống chất lượng cao*: Luận án đề xuất thiết lập vườn giống tại các khu vực có ĐDDT cao như Tây Nguyên (Gia Lai (GL) và Lâm Đồng (LD)), và từ các cây trội đã được tuyển chọn. Điều này nhằm cung cấp nguồn giống có chất lượng cao và ĐDDT tốt cho các chương trình tái sinh và mở rộng quần thể.

b. Nâng cao phẩm chất di truyền, chọn tạo giống có năng suất, chất lượng cao, khả năng chống chịu tốt (có tham khảo Điều 44, điểm 3 về phát triển giống cây lâm nghiệp, Luật Lâm nghiệp 2017 làm cơ sở đề xuất):

- *Chọn lọc và nhân giống cây trội*: Đề xuất tuyển chọn cây trội dựa trên tiêu chí hình thái và di truyền. Việc này đảm bảo nguồn giống có đặc tính tốt nhất.

- *Duy trì ĐDDT*: Nhấn mạnh việc đảm bảo khoảng cách địa lý giữa các cây trội được tuyển chọn để duy trì tính ĐDDT của nguồn gen. Điều này là cực kỳ quan trọng để tăng cường khả năng chống chịu và thích nghi của Xá xị trong bối cảnh BĐKH.

- *Nhân giống hỗ trợ*: Triển khai các chương trình nhân giống hỗ trợ, sử dụng nguồn gen từ các khu vực ĐDDT cao (như Gia Lai, Lâm Đồng) cho các khu vực có ĐDDT thấp (Hòa Bình, Vĩnh Phúc, Phú Yên) nhằm phục hồi cấu trúc di truyền và tăng cường khả năng thích nghi của QT. Đề xuất nhân giống bằng hạt từ các QT có ĐDDT cao để đảm bảo số lượng cây con có tính ĐDDT cao.

c. Nghiên cứu và ứng dụng tiến bộ khoa học – kỹ thuật trong chọn, tạo, nhân giống cây trồng lâm nghiệp (có tham khảo Điều 44, điểm 4 về phát triển giống cây lâm nghiệp, Luật Lâm nghiệp 2017 làm cơ sở đề xuất):

- *Bộ chỉ thị phân tử SSR*: Kết quả của Luận án với bộ chỉ thị phân tử microsatellite (SSR) đặc hiệu nhằm đánh giá mức độ ĐDDT quần thể của Xá xị, có tiềm năng ứng dụng trong công tác kiểm định và giám định loài, hỗ trợ các địa phương xác định chính xác nguồn gốc, chất lượng giống cây. Đây là một tiến bộ khoa học - kỹ thuật quan trọng hỗ trợ chọn tạo giống.

• *Tích hợp SDM và phân tích ĐDDT*: Kết quả của Luận án đã cung cấp các định hướng không gian ưu tiên bảo tồn và phát triển nguồn gen loài Xá xị dựa trên sự kết hợp giữa mô hình và phân tích ĐDDT. Qua đó dự báo sự biến động của vùng sinh thái phù hợp trong tương lai do BĐKH và xác định các "điểm nóng di truyền", từ đó đưa ra các quyết định khoa học về việc bảo tồn *nguyên vị* và nơi cần triển khai bảo tồn chuyển vị.

Nhìn chung, các giải pháp được đề xuất ở trên cung cấp CSKH và công cụ cụ thể để triển khai các mục tiêu của Điều 44 Luật Lâm nghiệp 2017 về phát triển giống cây lâm nghiệp, đặc biệt là trong bối cảnh bảo tồn cây gỗ quý hiếm đang bị đe dọa nghiêm trọng như Xá xị.

d. Giải pháp cụ thể cho 9 quần thể tại các vùng STLN:

(-) Bảo tồn nguyên vị linh hoạt và chuyển vị chủ động đối với Tây Nguyên, Bắc Trung Bộ

Gia Lai, Lâm Đồng là những khu vực nổi bật về ĐDDT. Mặc dù các vùng này là vùng bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi BĐKH, do đó cần kết hợp bảo tồn nguyên vị linh hoạt và chuyển vị chủ động đối với Tây Nguyên. Thanh Hóa và Quảng Nam đóng vai trò là hành lang sinh học và vùng chuyển tiếp có tiềm năng cao trong việc duy trì sự liên kết giữa các QT, đồng thời sở hữu mức độ ĐDDT ở mức khá. Bảo tồn nguyên vị tại các khu vực này không chỉ góp phần duy trì sự phong phú di truyền mà còn hỗ trợ kết nối không gian giữa các QT, cụ thể:

- Cấm khai thác các khu vực phân bố tự nhiên của loài Xá xị.
- Tiếp tục tăng cường và thực hiện hiệu quả các chính sách giao khoán bảo vệ rừng cho người dân địa phương, tuân thủ các quy định hiện hành của pháp luật về lâm nghiệp, đặc biệt là Luật Lâm nghiệp năm 2017 và Nghị định số 156/2018/NĐ-CP ngày 16 tháng 11 năm 2018 quy định chi tiết một số điều của Luật Lâm nghiệp.
- Tăng cường hợp tác giữa Việt Nam và Lào trong việc bảo vệ các QT Xá xị phân bố ở khu vực biên giới.
- Phối hợp giữa các trạm quản lý rừng, chính quyền địa phương và bộ đội biên phòng để kiểm soát, tuần tra và ngăn chặn hành vi khai thác trái phép.
- Phát dọn dây leo, bụi rậm để tạo điều kiện cho cây Xá xị tái sinh. Tạo các khoảnh đất trống gần cây trưởng thành, hỗ trợ hạt nảy mầm và phát triển. Thực hiện tỉa dặm, giữ mật độ cây con ở mức tối ưu (350-400 cây/ha), và di dời cây con đến các khu vực thích hợp để tăng khả năng sinh tồn.

(-) Bảo tồn chuyển vị tại Hòa Bình, Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Quảng Ninh và Phú Yên

Hòa Bình, Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Quảng Ninh và Phú Yên là những khu vực thể hiện mức độ ĐDDT thấp. Do đó, cần thiết lập các chương trình bảo tồn chuyển vị tại các khu vực này, bao gồm việc thu thập mẫu vật di truyền từ các QT hiện hữu để lưu giữ tại các ngân hàng gen, vườn thực vật hoặc cơ sở nghiên cứu. Đồng thời, có thể triển khai các chương trình nhân giống hỗ trợ sử dụng nguồn gen từ các khu vực giàu đa dạng (như Gia Lai, Lâm Đồng) nhằm phục hồi cấu trúc di truyền và tăng cường khả năng thích nghi của QT trong tương lai, cụ thể:

- Lựa chọn các khu vực thích hợp để di chuyển cây giống chất lượng cao nhằm gây trồng và bảo tồn loài, ưu tiên vùng có điều kiện lập địa phù hợp như Hoà Bình, Quảng Ninh, Phú Thọ, Vĩnh Phúc.

- Trồng Xá xị cùng các loài cây ưa sáng mọc nhanh trên địa hình có độ cao >200 m và độ dốc dưới 15 độ để tạo điều kiện phát triển tối ưu ở miền Bắc.

- Tuyển chọn cây trội dựa trên tiêu chí hình thái và di truyền. Đảm bảo khoảng cách địa lý giữa các cây trội để duy trì tính ĐDDT.

(-) Tuyên truyền và giáo dục cộng đồng

- Nâng cao nhận thức người dân về vai trò và giá trị của loài Xá xị thông qua các chương trình tuyên truyền, tọa đàm và ký cam kết với các trạm quản lý rừng.

- Phát động phong trào bảo vệ rừng trong cộng đồng và tích hợp nội dung bảo vệ rừng vào chương trình giáo dục cho học sinh.

3.5. ĐÁNH GIÁ CHUNG

Kết quả Chương 3 đã thể hiện các phát hiện và đóng góp mới của Luận án cho khoa học:

- Loài Xá xị phân bố rải rác từ Bắc vào Tây Nguyên, với 357 cá thể trưởng thành được ghi nhận. Cây gỗ lớn, cao trên 20m, đường kính ngang ngực trên 100cm, thân trụ thẳng, vỏ màu nâu xám đậm, có vết nứt dọc, thịt vỏ nâu đỏ nhạt và thơm đặc trưng. Loài chủ yếu phân bố trong rừng kín thường xanh nhiệt đới và á nhiệt đới núi thấp, ở độ cao từ 100-1.296m. Cây sinh trưởng trong rừng đã qua khai thác, đang phục hồi, riêng khu bảo tồn Kon Chư Răng (Gia Lai) còn ghi nhận trong rừng nguyên sinh. HST rừng nơi loài phân bố thường có các loài như Pomu, Trâm trắng, Trúc tiết, Xoan nhừ, Sao đen, Thôi ba, Mỡ. Cấu trúc rừng có ba tầng, trong đó tầng 1 và 3 rõ nét, tầng 2 phân mảnh. Cây tái sinh chủ yếu bằng hạt, cây con có chất lượng tốt nhưng kích thước nhỏ (20-100cm).

- Các kết quả từ Mô hình SDM cho thấy các QT Xá xị ở vùng STLN Tây Nguyên và Nam Trung Bộ là vùng phân bố hiện tại được mở rộng từ giai đoạn thời kỳ LGM tới MH và cho tới ngày nay. Tuy nhiên, sự suy giảm mạnh diện tích thích nghi nhất ở Tây Nguyên do BĐKH, đặc biệt trong tương lai đã được phát hiện trong 4 kịch bản BĐKH (ACCESS, MRI, MIROC6 và EC), rõ nét nhất ở kịch bản ACCESS và EC, với kết quả dự báo cho vùng phân bố phù hợp cao có xu hướng dịch chuyển lên phía Bắc ở các giai đoạn trong tương lai.

- Nghiên cứu này đã xây dựng và phát triển được bộ chỉ thị phân tử SSR (15 cặp môi) từ hệ gen phiên mã của loài Xá xị. Nghiên cứu đã xác định được loài Xá xị có mức độ ĐDDT trung bình, với sự khác biệt thấp giữa các QT. Hai nhóm gen chính được xác định theo vùng sinh thái (Nhóm 1: Tây Nguyên và Nam Trung Bộ; Nhóm 2: Bắc Trung Bộ, Tây Bắc và Đông Bắc).

- Kết quả mô hình SDM và đánh giá ĐDDT cho 9 QT có sự tương đồng khi làm rõ nguyên nhân của sự ra đời nhóm di truyền QT Tây Nguyên và Nam Trung Bộ. Để bảo tồn loài, cần tăng cường bảo vệ HST rừng, đặc biệt tại các khu vực đang suy giảm diện tích rừng tự nhiên và tốc độ rừng trồng thấp như Gia Lai và Lâm Đồng.

- Dựa trên phân tích tích hợp giữa ĐDDT và SDM, kiến nghị bảo tồn nguyên vị tại các vùng giàu nguồn gen như Gia Lai, Lâm Đồng, Thanh Hóa, Quảng Nam, đồng thời triển khai bảo tồn chuyển vị tại Hòa Bình, Vĩnh Phúc và Phú Yên nhằm lưu giữ và phục hồi gen quý. Trước tác động của BĐKH, cần áp dụng chiến lược bảo tồn linh hoạt, kết hợp di thực có định hướng đến các vùng sinh thái tiềm năng trong tương lai.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

1. Hiện trạng phân bố loài Xá xị:

- Loài Xá xị có phân bố rải rác khắp các tỉnh từ Bắc vào Tây Nguyên với số lượng 357 cá thể trưởng thành với chiều cao trung bình hơn 20m, đường kính ngang ngực trên 100cm. Loài phân bố đa số ở các HST rừng kín thường xanh mưa mùa nhiệt đới và á nhiệt đới, các khu rừng tự nhiên đã qua khai thác, cấu trúc rừng bị phá vỡ, rừng đang trong giai đoạn phục hồi (trạng thái IIIA, IIIB). Riêng có QT tại Gia Lai còn phân bố trong rừng nguyên sinh.

- Trong cấu trúc tổ thành loài cây của HST rừng nơi có Xá xị phân bố thường bắt gặp các loài Pomu, Trâm trắng, Trúc tiết, Xoan nhừ, Sao đen, Thôi ba, Mỡ; Vùng Nam trung Bộ và Tây Nguyên có số lượng loài đa dạng hơn và số loài góp mặt trong công thức tổ thành rừng cũng cao hơn các khu vực khác.

- Loài Xá xị tái sinh tự nhiên bằng chồi kém hơn bằng hạt. Tỷ lệ tái sinh hạt chiếm đa số trên tất cả các vùng nghiên cứu. Phần lớn tỷ lệ cây tái sinh bắt gặp nhiều ở Tây Nguyên.

2. Mô hình phân bố loài (SDM) dự đoán cho lịch sử, hiện tại và dự báo cho tương lai:

Thuật toán Random Forest (RF) được thực hiện trên GEE cho hiệu suất cao hơn so với 4 phương pháp học máy là Maxent, Boosting, SVM, CART dựa trên chỉ số đánh giá độ chính xác của mô hình (AUC). Kết quả là cơ sở khoa học giải thích về sự xuất hiện của các vùng phù hợp sinh thái mới được mở rộng từ thời kỳ LGM tới MH, và hiện nay vẫn tồn tại các QT ở Tây nguyên và Nam Trung Bộ. Mức độ giảm cấp độ phù hợp sinh thái cho loài đã được dự báo trong kết quả nghiên cứu mô hình tương lai sử dụng các kịch bản khí hậu (phát thải trung bình đến cao), trong đó Tây Nguyên là vùng bị ảnh hưởng rõ rệt.

3. Đa dạng di truyền và cấu trúc di truyền loài Xá xị trong 5 vùng STLN:

- Tổng cộng có 12.849 đoạn trình tự nucleotide SSR đã được xác định; 134 locus SSR đã được gửi vào GenBank (OR536813-OR536946). Bộ chỉ phân tử SSR đa hình mới (gồm 15 chỉ thị phân tử SSR) được xây dựng và phát triển trong nghiên cứu.

- Nghiên cứu hiện tại cho thấy loài Xá xị hiện duy trì mức độ ĐDDT trung bình và sự khác biệt di truyền thấp giữa các quần thể. Quần thể HB ở vùng STLN Tây Bắc có ĐDDT thấp nhất và quần thể GL và LD ở vùng Tây Nguyên có ĐDDT cao nhất.

- Đã xác định được 2 nhóm gen liên quan đến khu vực sống của quần thể: Nhóm 1 gồm các QT ở Tây Bắc, Đông Bắc, Bắc Trung Bộ; Nhóm 2 gồm các QT ở Tây Nguyên và Nam Trung Bộ.

4. Bảo tồn loài Xá xị:

- Xá xị đang đối mặt với nhiều nguy cơ tiêu cực do suy giảm vùng sinh thái phù hợp trong tương lai. Để bảo tồn hiệu quả cần triển khai đồng thời các chiến lược bảo tồn nguyên vị và chuyển vị. Cần đẩy mạnh bảo vệ sinh cảnh rừng nơi loài phân bố, đặc biệt tại các khu vực có nguy cơ suy giảm diện tích rừng và bị ảnh hưởng đáng kể bởi BĐKH trong các giai đoạn ở tương lai như Tây Nguyên (GL và LD).

- Thu thập và xây dựng ngân hàng hạt giống của loài Xá xị từ các cây trội phân bố tự nhiên tại các khu vực địa lý khác nhau để bảo tồn phát triển bền vững loài Xá xị ở miền Bắc. Tiến hành thiết lập vườn giống tại nơi có với chất lượng cao về di truyền và nhân giống bằng hạt để đảm bảo số lượng cây con có tính ĐDDT cao (Tây Nguyên), phục vụ công tác mở rộng kích thước quần thể của loài Xá xị.

Kiến nghị

1. *Bảo tồn loài:* Để giảm tối đa tình trạng quan hệ cận loài và tăng tính biến đổi di truyền của thế hệ sau, tất cả các quần thể có thể được xem xét cho cả hoạt động bảo tồn tại chỗ và ngoại vi. Quần thể ở Tây Nguyên duy trì tính ĐDDT cao và có thể được coi là ưu tiên cao cho việc bảo tồn tại chỗ nhằm thúc đẩy sử dụng bền vững nguồn gen. Thu thập hạt giống loài Xá xị, thiết lập vườn ươm để tạo cây giống. Kết hợp bảo tồn nguyên vị linh hoạt và chuyển vị chủ động, dựa trên dữ liệu sinh thái không gian - thời gian và phân tích di truyền. Đây là cách tiếp cận thích ứng hiệu quả nhằm duy trì sự sống còn và tiềm năng tiến hóa của loài trong điều kiện BĐKH.

2. *Kỹ thuật mô hình hoá:* Sản phẩm của các SDM là các Bản đồ phân hạng mức độ phù hợp sinh thái cho Xá xị được thực hiện hoàn toàn trên nền tảng Google Earth Engine (GEE), đã tận dụng được các dữ liệu GIS toàn cầu chia sẻ miễn phí trên nền tảng điện toán đám mây Google Cloud, hỗ trợ xây dựng mô hình, nâng cao hiệu suất, giảm thời gian chuẩn bị dữ liệu, có thể tích hợp nhiều tham số trên dữ liệu đám mây công khai và minh bạch.

3. *Kiến thức về lịch sử tự nhiên của loài:* Nhiều yếu tố có thể ảnh hưởng đến kích thước của một quần thể như hoạt động của con người, các rào cản địa lý và các tương tác sinh học, các thông tin này chưa được tích hợp vào dự đoán phân bố địa lý tiềm năng của loài. Do đó, để thực hiện hiệu quả SDM, các kết quả dự đoán cần được xác thực dựa trên kiến thức lịch sử tự nhiên về loài, trong đó các nghiên cứu về di truyền học là những thông tin hữu ích hỗ trợ trong quá trình sử dụng mô hình để lý giải và phân tích động lực thay đổi của quần thể theo thời gian.

4. Những tồn kiến nghị cần thực hiện các nghiên cứu tiếp theo:

Cần tích hợp thêm các yếu tố phi khí hậu như tương tác sinh học, chất dinh dưỡng đất, và tác động nhân sinh chi tiết vào mô hình Xá xị để nâng cao độ chính xác và tính toàn diện của dự báo.

Thực hiện nghiên cứu ĐDDT ở quy mô rộng hơn bằng công nghệ giải trình tự toàn hệ gen để khám phá biến thể di truyền và mối liên hệ tiến hóa của loài Xá xị.

Tiến hành theo dõi dài hạn động thái quần thể Xá xị và khả năng tái sinh trong các sinh cảnh khác nhau dưới tác động của BĐKH, cũng như cơ chế thích nghi của loài với điều kiện môi trường khắc nghiệt.

Tiến hành theo dõi đặc điểm vật hậu của loài Xá xị (sự biến động theo mùa trong ra hoa, kết quả) tại các vùng STLN Việt Nam.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

A. BÀI BÁO QUỐC TẾ

1. **Pham, M.P.**, Bui, T.T.X., Vu, D.G., Nguyen, V.S., Nguyen, M.D., & Vu, D.D. (2024). Microsatellite markers reveal genetic diversity and population genetic structure of the threatened Martaban camphor [*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn]. *Biologia plantarum*, 68, Article 87-96. <https://doi.org/10.32615/bp.2024.010> (SCIE, IF=1.74, Q2).
2. **Pham M-P**, Vu DD, Bei C, Bui TTX, Vu DG, Shah SNM (2024) Characterisation of the *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn (Lauraceae) transcriptome using Illumina paired-end sequencing and EST-SSR markers development for population genetics. *Biodiversity Data Journal* 12: e123405. <https://doi.org/10.3897/BDJ.12.e123405> (SCIE, IF=1.2, Q2).
3. **Pham M-P**, Vu DD, Nguyen TT, Nguyen VS (2024) Predictive ecological niche model for *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn. (Lauraceae) from Last Glacial Maximum to future in Vietnam. *Biodiversity Data Journal* 12: e122325. <https://doi.org/10.3897/BDJ.12.e122325> (SCIE, IF=1.2, Q2).
4. Vu, Dinh Duy; **Pham, Mai Phuong**; Dang, Ngoc Huyen; Le, Xuan Dac; Dang, Hung Cuong; Nguyen, Huu Thuc; Nguyen, Dang Hoi. Identification and Genetic Diversity Analysis of *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn Species in Song Hinh Protection Forest, Vietnam Based on Three Chloroplast Gene Regions. *Biomedical and Biotechnology Research Journal* 8(4):p 415-421, Oct–Dec 2024. DOI: 10.4103/bbrj.bbrj_268_24. (ESCI, Scopus, Q3).

B. BÀI BÁO TRONG NƯỚC

1. Vu Dinh Duy, **Pham Mai Phuong**, Bui Thi Tuyet Xuan, Hoang Thi Tham, 2025, Molecular characterization of *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn. in Northern Vietnam based on ITS-rDNA and ycf1 gene sequences, *Vietnam Journal of Biotechnology*. *Vietnam Journal of Biotechnology*, 23(3): 361-382, 2025. DOI: 10.15625/vjbt-22856. (ISSN Print: 2815-5955; ISSN Online: 2815-5912).
2. **Phạm Mai Phương**, Nguyễn Thị Thu Nga, Nguyễn Quốc Khánh, Nguyễn Duy Liêm, Vũ Đình Duy, 2025, Ứng dụng nền tảng điện toán đám mây hỗ trợ xây dựng bản đồ phân hạng thích ứng với biến đổi khí hậu cho loài Xà xị *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn. ở Tây Nguyên, *Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường*, 507, tr. 88-100. (ISSN Print: 3093-3382).

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chakravarty S., Ghosh S.K., Suresh C.P., Dey A.N., Shukla G., 2012, Deforestation: causes, effects and control strategies, *Global perspectives on sustainable forest management*, 1, pp. 1-26.
2. Erbaugh J.T., Pradhan N., Adams J., Oldekop J.A., Agrawal A., Brockington D., Pritchard R., Chhatre A., 2020, Global forest restoration and the importance of prioritizing local communities, *Nature Ecology & Evolution*, 4(11), pp. 1472-1476.
3. Zhang C., Liu X.P., 2013, Analysis of Chemical Constituents of Volatile Oil Fruit of *Cinnamomum amphora* (L.) Presl GC-MS, *Advanced Materials Research*, 724, pp. 343-347.
4. Kim E.C., Kim H.J., Kim T.J., 2015, Water extract of *Cinnamomum cassia* suppresses angiogenesis through inhibition of VEGF receptor 2 phosphorylation, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 79(4), pp. 617-624.
5. Lee S.C., Wang S.Y., Li C.C., Liu C.T., 2018, Anti-inflammatory effect of cinnamaldehyde and linalool from the leaf essential oil of *Cinnamomum osmophloeum* Kanehira in endotoxin-induced mice, *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(1), pp. 211-220.
6. Bộ Khoa học Công nghệ, 2024, *Sách đỏ Việt Nam*, Phần 2: Thực vật, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
7. Chính phủ Việt Nam, 2021, Nghị định 84/2021/NĐ-CP: Sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 06/2019/NĐ-CP ngày 22 tháng 01 năm 2019 về quản lý thực vật rừng, động vật rừng nguy cấp, quý, hiếm và thực thi công ước CITES.
8. Nguyễn Tiến Bân, 2003, *Danh lục các loài thực vật Việt Nam - Tập II*, NXB Nông nghiệp.
9. Lã Đình Mối, Lưu Đàm Cư, Trần Minh Hợi, Trần Huy Thái, Ninh Khắc Bản, 2001, *Tài nguyên thực vật có tinh dầu ở Việt Nam - Tập I*, NXB Nông nghiệp.
10. Nguyễn Kim Đào, 2017, *Thực vật chí Việt Nam, Họ Long não – Lauraceae*, Tập 20, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, tr. 219-221.
11. Tangjitjaroenkun J., Tangchitharoenkhul R., Yahayo W., Supabphol S., Sappapan R., Supabphol R., 2020, Chemical compositions of essential oils of *Amomum verum* and *Cinnamomum parthenoxylon* and their in vitro biological properties, *Journal of Herbmmed Pharmacology*, 9, pp. 223–231.

12. Nguyễn Hoàng Nghĩa, 1999, *Một số loài cây bị đe dọa ở Việt Nam*, NXB Nông thôn.
13. Adfa M., Romayasa A., Kusnanda A.J., Gustian I., 2020, Chemical components, antitermite and antifungal activities of *Cinnamomum parthenoxylon* wood vinegar, *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 48, pp. 107-116.
14. Qiu F., Yang H., Fu C., Zhou S., Sheng Y., Zhang T., 2023, Essential oil diversity of *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisner from China, *South African Journal of Botany*, 158, pp. 452-460.
15. Lê Thị Diên, Phạm Minh Toại, Lê Phú Ánh, 2010, Nghiên cứu một số đặc điểm tái sinh của loài Re Hương tại Vườn quốc gia Bạch Mã, *Tạp chí Khoa học Đại học Huế*, 2, tr. 33–41.
16. Phùng Văn Phê, 2012, Nghiên cứu giâm hom cây Xá Xị *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn. làm cơ sở cho công tác bảo tồn ở Vườn Quốc gia Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc, *Tạp chí Khoa học và công nghệ*, 50(5), tr. 643–650.
17. Hà Bích Hồng, Nguyễn Thế Hưởng, Nguyễn Thị Lan Anh, Phùng Văn Phê, Hoàng Văn Sâm, 2021, Giám định và đánh giá đa dạng di truyền loài Xá xị (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn.) tại Vườn quốc gia Tam Đảo bằng chỉ thị ADN mã vạch, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 6, tr. 13-24.
18. Vũ Kim Dũng, Nguyễn Thị Mai Hương, Nguyễn Thị Lan Anh, Lê Sỹ Dũng, Hoàng Văn Sâm, 2021, Hàm lượng và thành phần hóa học của tinh dầu Xá Xị (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack.) Meisn.) ở miền Bắc Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 5, tr. 003–009.
19. Bộ Khoa học và Công nghệ, 2023, Đề tài: Khai thác và phát triển nguồn gen cây Xá xị *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn. ở một số tỉnh miền Bắc, thuộc Chương trình Bảo tồn và sử dụng bền vững nguồn gen đến năm 2025, định hướng đến năm 2030. CNĐT: GS.TS Hoàng Văn Sâm, Trường ĐH Lâm nghiệp.
20. Hà Bích Hồng, Nguyễn Thế Hưởng, Hoàng Văn Sâm, 2022, Đa dạng nucleotide trình tự ADN mã vạch trnH-psbA của loài Xá xị (*Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn) tại một số tỉnh miền Bắc Việt Nam, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 10, tr. 60–70
21. Kamyo T., Asanok L., 2020, Modeling habitat suitability of *Dipterocarpus alatus* (Dipterocarpaceae) using MaxEnt along the Chao Phraya River in Central Thailand, *Forest Science and Technology*, 16(1), pp. 1-7.

22. Wei B., Wang R., Hou K., Wang X., Wu W., 2018, Predicting the current and future cultivation regions of *Carthamus tinctorius* L. using MaxEnt model under climate change in China, *Global Ecology and Conservation*, 16, e00477.
23. Goncalves A.L., García M.V., Heuertz M., González-Martínez S.C., 2019, Demographic history and spatial genetic structure in a remnant population of the subtropical tree *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul (Fabaceae), *Annals of Forest Science*, 76, pp. 1–16.
24. Ball J.W., Robinson T.P., Wardell-Johnson G.W., Bovill J., Byrne M., Nevill P.G., 2020, Fine-scale species distribution modelling and genotyping by sequencing to examine hybridisation between two narrow endemic plant species, *Scientific Reports*, 10(1), pp. 1562.
25. Thủ tướng Chính phủ, 2024, Quyết định số 1352/QĐ-TTg của TTCP Phê duyệt Quy hoạch bảo tồn đa dạng sinh học quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
26. Rodrigues A.S., Pilgrim J.D., Lamoreux J.F., Hoffmann M., Brooks T.M., 2006, The value of the IUCN Red List for conservation, *Trends in Ecology & Evolution*, 21(2), pp. 71-76.
27. Elmqvist T., Zipperer W., Güneralp B., 2016, Urbanization, habitat loss, biodiversity decline: solution pathways to break the cycle, *Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change*, Routledge, London and New York, pp. 139-151.
28. Filipova-Marinova M., Pavlov D., Slavova K., 2024, Paleoclimate changes and ecosystem responses of the Bulgarian Black Sea zone during the last 26000 years, *Nature Conservation*, 55, pp. 201-248.
29. Archis J.N., Akcali C., Stuart B.L., Kikuchi D., Chunco A.J., 2018, Is the future already here? The impact of climate change on the distribution of the eastern coral snake (*Micrurus fulvius*), *PeerJ*, 6.
30. Heywood V.H., 2014, An overview of in situ conservation of plant species in the Mediterranean, *Flora Mediterranea*, 24, pp. 5-24.
31. Witzemberger K.A., Hochkirch A., 2011, Ex situ conservation genetics: a review of molecular studies on the genetic consequences of captive breeding programmes for endangered animal species, *Biodiversity and Conservation*, 20, pp. 1843-1861.
32. Frans V.F., Augé A.A., Fyfe J., Zhang Y., McNally N., Edelhoff H., Engler J.O., 2022, Integrated SDM database: Enhancing the relevance and utility of

- species distribution models in conservation management, *Methods in Ecology and Evolution*, 13(1), pp. 243-261.
33. Bixler R.P., Dell'Angelo J., Mfunne O., Roba H., 2015, The political ecology of participatory conservation: institutions and discourse, *Journal of Political Ecology*, 22(1), pp. 164-182.
 34. Manzoor M., Ahmad M., Gillani S.W., Waheed M., Shaheen H., Mehmood A.B., Fonge B.A., Al-Andal A., 2025, Population dynamics, threat assessment, and conservation strategies for critically endangered *Meconopsis aculeata* in Alpine zone, *BMC Plant Biology*, 25, pp. 358
 35. Meissner C.F., 1864, *Lauraceae*, Candolle A.P. (ed.), *Prodromus Systematis Universalis Regni Vegetabilis*, 15, pp. 1-260.
 36. Bentham G., Hooker J.D., 1880, *Genera Plantarum*, London, III, pp. 146-164.
 37. Pax F., 1889, *Lauraceae*, A. Engler., K. Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, III(2), pp. 106-126.
 38. Rohwer J.G., 1993, *Lauraceae*, in K. Kubitzaki (ed.), *The Families and Genera of Vascular Plants*, Springer-Verlag, New York, 2, pp. 366-391.
 39. Li S., Li X., Li J., 2008, *Flora of China*, Beijing: Science Press & Missouri Botanical Garden Press.
 40. Lorea-Hernández G., 1996, A systematic revision of the Neotropical species of *Cinnamomum Schaeffer* (Lauraceae), Department of Biology, University of Missouri-St. Louis, 9628497.
 41. Kostermans A.J.G.H., 1961, The New World species of *Cinnamomum* Trend (Lauraceae), *Reinwardia*, 6, pp. 17-24.
 42. Shylaja M., Ravindran P.N., Babu K.N., 2003, Other useful species of *Cinnamomum*, in *Cinnamon and Cassia*, CRC Press, pp. 346-371.
 43. Carroll M., Townshend J., Hansen M., DiMiceli C., Sohlberg R., Wurster K., 2011, MODIS vegetative cover conversion and vegetation continuous fields, Land Remote Sensing and Global Environmental Change, *NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER and MODIS*, pp. 725-745.
 44. Singh G., Maurya S., Catalan C.A., 2007, A Comparison of Chemical, Antioxidant and Antimicrobial Studies of Cinnamon Leaf and Bark Volatile Oils, Oleoresins and Their Constituents, *Food and Chemical Toxicology*, 45, pp. 1650-1661.
 45. Zhou R., Ci X., Xiao J., Cao G., Li J., 2021, Effects and conservation assessment of climate change on the dominant group—The genus *Cinnamomum* of subtropical evergreen broad-leaved forests, *Biodiversity Science*, 29(6), pp. 697

46. Wei X., 2003, Ecological adaptation of *Cinnamomum camphora* and *Cinnamomum bodinieri* seedlings in different light environments, *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 22(3), pp. 208-213.
47. Zhang Z.H., Liang S.C., Gang H.U., 2007, Structure of *Cinnamomum burmannii* population in karst hills of Guilin, *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 15(4), pp. 307-314.
48. Zhang Y., Wei X.L., Wang L., Chen M.F., 2014, Growth variability of *Cinnamomum bodinieri* seedlings from different geographical provenances, Southwest China, *Journal of Agricultural Sciences*, 27(5), pp. 2162-2167.
49. Kameyama Y., Nakajima H., 2018, Environmental conditions for seed germination and seedling growth of *Cinnamomum camphora* (Lauraceae): The possibility of regeneration in an abandoned deciduous broad-leaved forest, eastern Japan, *Journal of Forestry Research*, 23(3), pp. 1-5.
50. Wu-Kuang S., 2011, Taxonomic revision of *Cinnamomum* (Lauraceae) in Borneo, *Blumea*, 56, pp. 241-264.
51. Kumar S.R.K., 2019, Pharmacological properties and their medicinal uses of *Cinnamomum*: A review, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 71, pp. 1735-1761.
52. Qiu F.Y., Yang H.K., Zhang T., Wang X.D., Wen S.F., Su X.H., 2019, Chemical composition of leaf essential oil of *Cinnamomum porrectum* (Roxb.) Kosterm', *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 22, pp. 1313–1321.
53. Batista P.A., Werner M.F., Oliveira E.C., Burgos L., 2008, Evidence for the involvement of ionotropic glutamatergic receptors on the antinociceptive effect of (–)-linalool in mice, *Neuroscience Letters*, 440, pp. 299–303.
54. Huo M.X., Cui X.R., Xue J.D., Chi G.F., Gao R.J., Deng X.M., Guan S., Wei J.Y., Soromou L.W., Feng H.H., et al., 2013, Anti-inflammatory effects of linalool in RAW 264.7 macrophages and lipopolysaccharide-induced lung injury model, *Journal of Surgical Research*, 180, pp. e47-e54.
55. Kladniew B.R., Polo M., Villegas S.M., Galle M., Crespo R., Bravo M.G.D., 2014, Synergistic antiproliferative and anticholesterogenic effects of linalool, 1,8-cineole, and simvastatin on human cell lines, *Chemico-Biological Interactions*, 214, pp. 57-68.
56. Shi C., Sun Y., Liu Z.Y., Guo D., Sun H.H., Sun Z., Chen S., Zhang W.T., Wen Q.W., Peng X.L., et al., 2017, Inhibition of *Cronobacter sakazakii* virulence factors by citral, *Scientific Reports*, 7, pp. 43243.

57. Yang Z.B., Yang B., 2011, Analysis of the aroma of chemical composition from the leaves and fruits of *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Nees in Guizhou, *Northern Horticulture*, 1, pp. 1–9.
58. Asmaliyah E.H., Novriyanti E., Novriyanti E., 2021, Potential of medang reso (*Cinnamomum parthenoxylon*) as raw material source for antidiabetic drugs, *IOP Conference Series: Environmental Earth Sciences*, 914, pp. 12074-12076.
59. Pardede A., Adfa M., Kusnanda A.J., Ninomiya M., Koketsu M., 2017, Flavonoid rutinosides from I leaves and their hepatoprotective and antioxidant activity, *Medicinal Chemistry Research*, 1, pp. 1-6.
60. Han P., Chen J., Chen Z., Che X., Peng Z., Ding P., 2024, Exploring genetic diversity and population structure in *Cinnamomum cassia* (L.) J. Presl germplasm in China through phenotypic, chemical component, and molecular marker analyses, *Frontiers in Plant Science*, 15, 1374648.
61. Zhang X., Yang L., Liu Y.H., Zhou X.L., Zhang L.Q., Wang Y.H., Shen S.K., 2021, Genetic diversity, genetic structure, and demographic history of *Cinnamomum chago*, a plant species with extremely small populations in China, *Global Ecology and Conservation*, 31, e01808.
62. Li Z., Yang M., Luan X., Zhong Z., Xu X., 2023, Genetic diversity and geographic distribution patterns of *Cinnamomum camphora* under climate change in China, *Global Ecology and Conservation*, 46, e02619.
63. Zhong Y., Yang A., Li Z., Zhang H., Liu L., Wu Z., Li Y., Liu T., Xu M., Yu F., 2019, Genetic diversity and population genetic structure of *Cinnamomum camphora* in South China revealed by EST-SSR markers, *Forests*, 10(11), 1019.
64. Yan K., Wei Q., Feng R., Zhou W., Chen F., 2017, Transcriptome analysis of *Cinnamomum longepaniculatum* by high-throughput sequencing, *Electronic Journal of Biotechnology*, 28, pp. 58-66.
65. Kameyama Y., Furumichi J., Li J.X., Tseng Y.H., 2017, Natural genetic differentiation and human-mediated gene flow: the spatiotemporal tendency observed in a long-lived *Cinnamomum camphora* (Lauraceae) tree, *Tree Genetics & Genomes*, 13.
66. Gwari G., Bhandari U., Naik G., Haider S.Z., Chauhan N., 2016, Genetic diversity in *Cinnamomum tamala* Nees. accessions through DNA fingerprinting using molecular markers, *Indian Journal of Agricultural Research*, 50(5), pp. 446-450.
67. Joy P., Maridass M., 2008, Interspecies relationship of *Cinnamomum* species using RAPD marker analysis, *Ethnobotanical Leaflets*, 12, pp. 476-480.

68. Kubota Y., Kubo H., Shimatani K., 2007, Spatial pattern dynamics over 10 years in a conifer/broadleaved forest, northern Japan, *Plant Ecology*, 190, pp. 143-157.
69. Getzin S., Wiegand T., Wiegand K., He H., 2008, Heterogeneity influences spatial patterns and demographics in forest stands, *Journal of Ecology*, 96(4), pp. 807-820.
70. Quy N.V., Kang Y.X., Khot C., Hop N.V., Tuan N.T., 2021, Spatial distribution and interspecific association patterns between *Shorea roxburghii* G. Don and other tree species in a South Vietnam evergreen forest, *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(6), pp. 4665-4681.
71. Shen G., Yu M., Hu X.S., Mi X., Ren H., Sun I.F., Ma K., 2009, Species–area relationships explained by the joint effects of dispersal limitation and habitat heterogeneity, *Ecology*, 90(11), pp. 3033-3041.
72. Bunyavejchewin S., LaFrankie J.V., Baker P.J., Kanzaki M., Ashton P.S., Yamakura T., 2003, Spatial distribution patterns of the dominant canopy dipterocarp species in a seasonal dry evergreen forest in western Thailand, *Forest Ecology and Management*, 175(1–3), pp. 87-101.
73. Zhang Z.H., Hu G., Zhu J.D., 2010, Spatial patterns and interspecific associations of dominant tree species in two old-growth karst forests, SW China, *Ecological Research*, 25, pp. 1151–1160.
74. Bolker B.M., Pacala S.W., 1999, Spatial moment equations for plant competition: understanding spatial strategies and the advantages of short dispersal, *The American Naturalist*, 153(6), pp. 575-602.
75. Kharuk V.I., Ranson K.J., Im S.T., Vdovin A.S., 2010, Spatial distribution and temporal dynamics of high-elevation forest stands in southern Siberia, *Global Ecology and Biogeography*, 19(6), pp. 822-830.
76. Carvajal-Endara S., Hendry A.P., Emery N.C., Davies T.J., 2017, Habitat filtering not dispersal limitation shapes oceanic island floras: species assembly of the Galápagos archipelago, *Ecology Letters*, 20(4), pp. 495-504.
77. Jaynes E.T., 1957, Information theory and statistical mechanics, *Physical Review*, 106(4), pp. 620-630.
78. Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E., 2006, Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190(3), pp. 231-259.
79. Angetter L.S., Lötters S., Rödder D., 2011, Climate niche shift in invasive species: the case of the brown anole, *Biological Journal of the Linnean Society*, 104(4), pp. 943-954.

80. Cord A., Rödder D., 2011, Inclusion of habitat availability in species distribution models through multi-temporal remote-sensing data?, *Ecological Applications*, 21(8), pp. 3285-3298.
81. Rödder D., Solé M., Böhme W., 2008, Predicting the potential distributions of two alien invasive Housegeckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia*), *North-Western Journal of Zoology*, 4(2), pp. 1-13.
82. Warren R., VanDerWal J., Price J., Welbergen J.A., Atkinson I., Ramirez-Villegas J., Osborn T.J., Jarvis A., Shoo L.P., Williams S.E., 2013, Quantifying the benefit of early climate change mitigation in avoiding biodiversity loss, *Nature Climate Change*, 3(7), pp. 678-682.
83. Hijmans R.J., Phillips S., Leathwick J., Elith J., 2020, Dismo: Species Distribution Modeling, *R package version 1.3-3*, Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=dismo>
84. Naimi B., Araújo M.B., 2016, sdm: A reproducible and extensible R platform for species distribution modelling, *Ecography*, 39(4), pp. 368–375.
85. Thuiller W., Georges D., Gueguen M., Engler R., Breiner F., 2021, biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling, *R package version 3.5.1*, <https://CRAN.R-project.org/package=biomod2>.
86. Phillips S.J., 2021, maxnet: Fitting ‘Maxent’ Species Distribution Models with ‘glmnet’, *R package version 0.1.4*, Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=maxnet>.
87. Pacifici K., Reich B.J., Miller D.A., Gardner B., Stauffer G., Singh S., Collazo J.A., 2017, Integrating multiple data sources in species distribution modeling: a framework for data fusion, *Ecology*, 98(3), pp. 840–850.
88. Morales N.S., Fernández I.C., Baca-González V., 2017, MaxEnt’s parameter configuration and small samples: are we paying attention to recommendations? A systematic review, *PeerJ*, 5, e3093.
89. Phillips S.J., Anderson R.P., Dudik M., Schapire R.E., Blair M.E., 2017, Opening the black box: An open-source release of MaxEnt, *Ecography*, 40(7), pp. 887–893.
90. Zhao Z., Xiao N., Shen M., Li J., 2022, Comparison between optimized MaxEnt and random forest modeling in predicting potential distribution: A case study with *Quasipaa boulengeri* in China, *Science of the Total Environment*, 842, 156867.
91. Mi C., Huettmann F., Guo Y., Han X., Wen L., 2017, Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large

- undersampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence, *PeerJ*, 5, e2849.
92. Shabani F., Kumar L., Ahmadi M., 2016, A comparison of absolute performance of different correlative and mechanistic species distribution models in an independent area, *Ecology and Evolution*, 6(16), pp. 5973-5986.
 93. Zhao Z., Guo Y., Wei H., Ran Q., Liu J., Zhang Q., Gu W., 2020, Potential distribution of *Notopterygium incisum* Ting ex H.T. Chang and its predicted responses to climate change based on a comprehensive habitat suitability model, *Ecology and Evolution*, 10(6), pp. 3004-3016.
 94. Guo Y., Li X., Zhao Z., Wei H., 2018, Modeling the distribution of *Populus euphratica* in the Heihe River Basin, an inland river basin in an arid region of China, *Science China Earth Sciences*, 61(11), pp. 1669-1684.
 95. Raghavan R.K., Peterson A.T., Cobos M.E., Ganta R., Foley D., 2019, Current and future distribution of the Lone Star Tick, *Amblyomma americanum* (L.) (Acari: Ixodidae) in North America, *Plos One*, 14(1), pp. 1-20.
 96. Ashraf U., Ali H., Chaudry M.N., Ashraf I., Batool A., Saqib Z., 2016, Predicting the potential distribution of *Olea ferruginea* in Pakistan incorporating climate change by using MaxEnt Model, *Sustainability*, 8(8), pp. 1-15.
 97. Zhong H., Sun Y., Wu H., Li S., Shen Z., Yang C., ..., Gu Q., 2022, Pleistocene climate and geomorphology drive the evolution and phylogeographic pattern of *Triplophysa robusta* (Kessler, 1876), *Frontiers in Genetics*, 13, 955382.
 98. Wei S., Sun S., Dou H., An F., Gao H., Guo C., Hua Y., 2022, Influence of Pleistocene climate fluctuations on the demographic history and distribution of the critically endangered Chinese pangolin (*Manis pentadactyla*), *BMC zoology*, 7(1), 50.
 99. Cooper D.M., Dugmore A.J., Gittings B.M., Scharf A.K., Wilting A., Kitchener A.C., 2016, Predicted Pleistocene-Holocene range shifts of the tiger (*Panthera tigris*), *Diversity and Distributions*, 22(11), pp. 1199-1211.
 100. Chen F., Du Y., Niu S., Zhao J., 2015, Modeling forest lightning fire occurrence in the Daxinganling Mountains of Northeastern China with MAXENT, *Forests*, 6(5), pp. 1422-1438.
 101. Banerjee P., 2021, Maximum entropy-based forest fire likelihood mapping: analysing the trends, distribution, and drivers of forest fires in Sikkim Himalaya, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 36(4), pp. 275-288.
 102. Martín Y., Zúñiga-Antón M., Mimbrero M.R., Mart Y., 2019, Modelling temporal variation of fire-occurrence towards the dynamic prediction of human

- wildfire ignition danger in northeast Spain, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), pp. 385-411.
103. Campos J.C., Garcia N., Alirio J., Arenas-Castro S., Teodoro A.C., Sillero N., 2023, Ecological niche models using MaxEnt in Google Earth Engine: Evaluation, guidelines and recommendations, *Ecological Informatics*, 76.
 104. Crego R.D., Stabach J.A., Connette G., 2022, Implementation of species distribution models in Google Earth Engine, *Diversity and Distributions*, 28, pp. 904-916.
 105. Khoi D.D., Murayama Y., 2010, Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam, *Remote Sensing*, 2(5), pp. 1249-1272.
 106. Tống Yên Đan, Trần Thị Thu Duyên, 2010, Đánh giá nhận thức của cộng đồng về bảo tồn Sếu đầu đỏ, *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 16b, tr. 32-41.
 107. Phạm Hoàng Hộ, 1999–2003, *Cây cỏ Việt Nam*, Tập 1–3, NXB Trẻ, TP. Hồ Chí Minh.
 108. Nguyễn Kim Đào, 1994, Các loài cây họ Long não (Lauraceae Juss.) trong Hệ thực vật Việt Nam, *Tạp chí Sinh học*, 16(4), tr. 31-46.
 109. Nguyễn Kim Đào, 2003, *Danh lục các loài thực vật Việt Nam*, Tập II, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
 110. Nguyễn Văn Lý, 2016, *Nghiên cứu phân loại chi Long não (Cinnamomum Schaeff.) tại Việt Nam*, Luận văn Thạc sĩ Khoa học Lâm nghiệp, Trường Đại học Lâm nghiệp, Hà Nội.
 111. Trần Hợp, 2002, *Tài nguyên cây gỗ Việt Nam*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
 112. Trần Ngọc Hải, Đặng Hữu Nghị, Lê Đình Phương, Tống Văn Hoàng, 2016, Một số đặc điểm lâm học của loài Vù hương (*Cinnamomum balansae* Lecomte) tại Vườn quốc gia Bến En, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 6, tr. 176–185.
 113. Phạm Hồng Ban, Nguyễn Anh Dũng, 2017, Đa dạng thành phần loài thực vật họ Long não ở Khu bảo tồn thiên nhiên Pù Hoạt, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nghệ An*, 2, tr. 5-9.
 114. Vũ Anh Tài, Nguyễn Nghĩa Thìn, 2014, Kết quả điều tra và thống kê các loài thực vật bị đe dọa ở tỉnh Hà Giang, Việt Nam, *Tạp chí Sinh học*, 36(3), tr. 323–329.
 115. Lê Công Sơn, 2013, Nghiên cứu một số đặc điểm sinh học, thành phần hóa học tinh dầu của một số loài trong chi Long não (*Cinnamomum*) và Màng tang (*Litsea*) ở Vườn Quốc gia Bạch Mã, Báo cáo nghiên cứu.

116. Lê Công Sơn, Dương Đức Huyền, Đỗ Ngọc Đài, 2013, Tính đa dạng về thành phần loài và giá trị sử dụng của chi Quế (*Cinnamomum*) và chi Bời lời (*Litsea*) họ Long não (Lauraceae Juss.) ở vườn quốc gia Bạch Mã, *Báo cáo Hội nghị khoa học toàn quốc về sinh thái và tài nguyên sinh vật lần thứ 5*.
117. Nguyễn Xuân Dũng, 1996, Nghiên cứu thành phần hoá học góp phần phân loại bằng hoá học (chemotaxonomy) một số cây thuốc và cây tinh dầu ở Việt Nam, Luận án Tiến sĩ Hoá học, Trường ĐH Khoa học tự nhiên, Hà Nội, 347 tr.
118. Nguyễn Thị Tâm, Nguyễn Trọng Đường, Joseph Casanova, Nguyễn Thế Hưng, 1996, Nghiên cứu thành phần hoá học của tinh dầu cây Vù hương Vĩnh Phú (*Cinnamomum parthenoxylon* Meissn), *Tạp chí Dược liệu*, 2, tr. 40-42.
119. Đỗ Tất Lợi, 2004, *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam*, NXB Y học, Hà Nội.
120. Đỗ Huy Bích, Đặng Quang Chung, Bùi Xuân Chương, Nguyễn Thượng Dong, Đỗ Trung Đàm, Phạm Văn Hiến, Vũ Ngọc Lộ, Phạm Duy Mai, Phạm Kim Mãn, Đoàn Thị Như et al., 2006, *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam*, Tập II, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
121. Hien V.T.T., Phong D.T., 2012, Genetic diversity among endangered rare *Dalbergia cochinchinensis* (Fabaceae) genotypes in Vietnam revealed by random amplified polymorphic DNA (RAPD) and inter simple sequence repeats (ISSR) markers, *African Journal of Biotechnology*, 11(35), pp. 8632–8644.
122. Nguyen M.T., Vu D.D., Nguyen M.D., 2013, Preserve of threatened conifers (Cupressaceae) in Vietnam, *Current Research Journal of Biological Sciences*, 5(4), pp. 141-148.
123. Nguyen Minh Tam, Vu Dinh Duy, Nguyen Minh Duc, Vu Dinh Giap, 2014, Genetic diversity in the natural populations of *Dipterocarpus costatus* (Dipterocarpaceae), *Research Journal of Biotechnology*, 9(8), pp. 14-19.
124. Đinh Thị Phòng, Nguyễn Thị Liễu, Vũ Thị Thu Hiền, Trần Thị Liễu, Trần Thị Việt Thanh, Nguyễn Quốc Bình, Vũ Đình Duy, Nguyễn Tiến Hiệp, Phạm Hữu Nhân, 2015, Đánh giá đa dạng di truyền quần thể tự nhiên loài Kim giao núi đất (*Nageia wallichiana* (C. Persl) Kuntze) ở Tây Nguyên bằng chỉ thị ISSR, *Tạp chí Công nghệ Sinh học*, 13(1), tr. 131-141.
125. Trang N.T.P., Triest L., 2016, Genetic structure of the threatened *Hopea chinensis* in Quang Ninh province, Vietnam, *Genetics and Molecular Research*, 15(2), pp. 1-13.
126. Vu D.D., Bui T.T.X., Nguyen M.D., Shah S.N.M., Vu D.G., Zhang Y., Huang X.H., 2019, Genetic diversity and conservation of two threatened dipterocarps

- (Dipterocarpaceae) in southeast Vietnam, *Journal of Forestry Research*, 30, pp. 1823-1831.
127. Vu D.D., Bui T.T.X., Nguyen M.T., Vu D.G., Nguyen M.D., Bui V.T., Zhang Y., 2017, Genetic diversity in two threatened species in Vietnam: *Taxus chinensis* and *Taxus wallichiana*, *Journal of Forestry Research*, 28, pp. 265-272.
 128. Hà Văn Huân, 2015, Phân tích quan hệ di truyền quần thể Long não (*Cinnamomum camphora* L.Presl) bằng kỹ thuật PCR-RADP, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 2, tr. 1-9.
 129. Hà Thị Phúc, Đặng Quang Hưng, Phạm Bảo Yên, Nguyễn Quang Huy, Nguyễn Vũ Minh Hạnh, Phan Tuấn Nghĩa, 2015, Nghiên cứu sự đa hình di truyền một số loài thực vật thu thập từ Mã Đà và Cát Tiên (tỉnh Đồng Nai), *Tạp chí Di truyền học và Ứng dụng*, 1, tr. 1-6.
 130. Nguyễn Viễn, Phạm Mai Phương, Bùi Thị Tuyết Xuân, Hoàng Thị Thu Trang, Vũ Đình Duy, 2019, Đánh giá đa dạng di truyền loài Vù hương (*Cinnamomum balansae* H.Lec) ở một số tỉnh phía Bắc Việt Nam bằng chỉ thị phân tử vi vệ tinh (Microsatellite – SSR), *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, tr. 31-43.
 131. Vu D.G., Khuat T.M.H., Pham N.A., Pham M.P., Vu D.D., 2022, Genetic diversity evaluation of *Cinnamomum parthenoxylon* (Jack) Meisn in some nature reserves in North Vietnam using SSR markers, *Vietnam Journal Of Agriculture And Rural Development*, 2(2), pp. 41-51.
 132. Vũ Đình Duy, Bùi Thị Tuyết Xuân, Nguyễn Văn Sinh, Phạm Mai Phương, Tạ Thị Thu Hà, Nguyễn Viễn, Lê Văn Quang, 2021, Đánh giá đa dạng di truyền và hiện tượng thất cổ chai ở quần thể Vù hương (*Cinnamomum balansae* Lecomte) tại tỉnh Phú Thọ bằng chỉ thị phân tử SSR, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 1, tr. 3-9.
 133. Lê Xuân Cảnh, Hà Quý Quỳnh, Lê Minh Hạnh, Trần Thanh Tùng, 2009, Sử dụng hệ thống thông tin địa lý GIS để xây dựng mô hình phân bố loài, lấy ví dụ loài Sao La (*Pseudoryx nghetinhensis*) ở Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 47(2), tr. 29-37.
 134. Van Schingen M., Le M.D., Ngo H.T., Pham C.T., Ha Q.Q., Nguyen T.Q., Ziegler T., 2016, Is there more than one Crocodile Lizard? An integrative taxonomic approach reveals Vietnamese and Chinese *Shinisaurus crocodilurus* represent separate conservation and taxonomic units, *Der Zoologische Garten*, 85(5), pp. 240-260.

135. Ngo H.N., Le Q.T., Pham L.M., Le D.M., Van Schingen M., Ziegler T., 2019, First record of the Cat Ba tiger gecko, *Goniurosaurus catbaensis*, from Ha Long Bay, Quang Ninh Province, Vietnam: Microhabitat selection, potential distribution, and evidence of threats, *Amphibian & Reptile Conservation*, 13(2), pp. 1-13.
136. Tran D.V., Vu T.T., Tran B.Q., Nguyen M.D., Vu P.T., Tran T.H., ..., Nguyen T.C., 2020, Modelling the change in the distribution of the black-shanked douc, *Pygathrix nigripes* (Milne-Edwards) in the context of climate change: Implications for conservation, *Raffles Bulletin of Zoology*, 68.
137. Vu T.T., Tran D.V., Tran H.T.P., Nguyen M.D., Do T.A., Ta N.T., Cao H.T., Pham N.T., Phan D.V., 2020, An assessment of the impact of climate change on the distribution of the grey-shanked douc *Pygathrix cinerea* using an ecological niche model, *Primates*, 61(2), pp. 267-275.
138. Anh N.T., Minh L.D., Hung P.V., Duyen V.T., 2019, Modeling the Red-shanked Douc (*Pygathrix nemaeus*) distribution in Vietnam using MaxEnt, *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, 35(3), pp. 1-10.
139. Hà Đình Nghiêm, Nguyễn Thanh Hải, Đỗ Thị Lan, Nguyễn Thị Huệ, 2017, Quản lý cây trinh nữ móc (*Mimosa diplotricha*) bằng mô hình dự đoán phân bố, mức độ xâm lấn và sử dụng sinh khối để trồng nấm, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên*, 164(4), tr. 21-26.
140. Dinh T.T., Pham M.P., Nguyen Q.K., Bui T.T.X., Nguyen V.S., Vu D.D., ..., Tuan N.T., 2022, Neighbor trees and habitat suitability of *Cinnamomum balansae* Lecomte in North Central Coast and Northern Vietnam, *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(4), pp. 5327-5336.
141. Trang P.T., Thu N.T., Son L.T., Dung T.V., An T.T., Thuong P.T., ..., The P.V., 2024, Impacts of Climate Change on the Distribution of Vietnamese Golden Cypress in Northern Vietnam, *Biology Bulletin Reviews*, pp. 1-14.
142. Pham M.P., Hoang T.T.T., Pham T.T., Vu D.D., 2025, Global range extension of bioclimatic zone of *Bruguiera hainesii* C.G. Rogers 1919 (Rhizophoraceae). *One Ecosystem*, 10, e142064.
143. Vũ Tấn Phương, Hoàng Việt Anh, Nguyễn Ngọc Lung, Đỗ Đình Sâm, Nguyễn Đình Kỳ, Trần Việt Liễn, 2012, Phân vùng sinh thái lâm nghiệp ở Việt Nam, *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật*, 157 tr.
144. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2018, Thông tư số 33/2018/TT-BNNPTNT ngày 16/11/2018 về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng.

145. Marmillod D., 1982, *Methodology and results of studies on the composition and structure of a terrace forest in Amazonia*, Universität Göttingen.
146. Curtis J.T., McIntosh R.P., 1951, An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin, *Ecology*, 31, pp. 476-496.
147. Thái Văn Trùng, 1978, *Thảm thực vật rừng Việt Nam (trên quan điểm hệ sinh thái)*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 276 tr.
148. Vũ Quang Nam, Đào Ngọc Chương, 2017, Một số đặc điểm tái sinh tự nhiên của các trạng thái thảm thực vật ở khu vực gò đồi huyện Yên Mô, tỉnh Ninh Bình, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 3, tr. 36-45.
149. Farr T.G., Rosen P.A., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L.,... et al., 2007, The shuttle radar topography mission, *Reviews of Geophysics*, 45(2).
150. Fick S.E., Hijmans R.J., 2017, WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas, *International Journal of Climatology*, 37(12), pp. 4302-4315.
151. Karger D.N., Wilson A.M., Mahony C., Zimmermann N.E., Jetz W., 2021, Global daily 1 km land surface precipitation, temperature and derived bioclimatic variables for 1981–2019. *Scientific Data*, 8(1), 170.
152. Nguyen T.T., Gliottone I., Pham M.P., Vu D.D., 2021, Current and future predictions of habitat suitability for *Cunninghamia konishii* Hayata using MaxEnt under climate change in Northern Vietnam, *European Journal of Ecology*, 7(2), pp. 1-17.
153. Zhang Y.F., Chen S.T., Gao Y., Yang L., Yu H., 2023, Prediction of global potential suitable habitats of *Nicotiana glauca* Link & Otto based on MaxEnt model, *Scientific Reports*, 13(1), 4851.
154. Pham M.P., Vu D.D., Nguyen K.Q., Nguyen N.T., Tong H.T., Nguyen T.T., ... Phan, A.T., 2023, Habitat suitability and conservation of *Tacca chantrieri* André: A case study in Ba Vi Natural Park, Vietnam, *Biology Bulletin*, 50(10), pp. 2861-2871.
155. Saffariha, M., Jahani, A., Jahani, R., Latif, S., 2021, Prediction of hypericin content in *Hypericum perforatum* L. in different ecological habitats using artificial neural networks, *Plant Methods*, 17, pp. 1-17.
156. Nguyễn Thanh Tuấn, Phùng Văn Phê, 2023, Ứng dụng thuật toán máy học để xây dựng mô hình phân bố loài Sao Đen (*Hopea odorata*) trên Google Earth Engine, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 3, tr. 91-100.

157. Gao X., Liu J., Huang Z., 2022, The impact of climate change on the distribution of rare and endangered tree *Firmiana kwangsiensis* using the Maxent modeling, *Ecology and Evolution*, 12(8), e9165.
158. He Y., Ma J., Chen G., 2023, Potential geographical distribution and its multi-factor analysis of *Pinus massoniana* in China based on the MaxEnt model, *Ecological Indicators*, 154, 110790.
159. National Aeronautics and Space Administration (NASA LP DAAC), 2020, *ASTER Ultimate 2018 Winter Olympics Observer*. Available at: <https://lpdaac.usgs.gov/resources/data-action/aster-ultimate-2018-winter-olympics-observer/>
160. World Soil Information's purpose and strategy (ISRIC), 2020, *SoilGrids: global gridded soil information*. Available at: <https://soilgrids.org>
161. Phillips, S.J., 2009, A brief tutorial on Maxent. In Network of Conservation Educators and Practitioners, Center for Biodiversity and Conservation, New York, *American Museum of Natural History*, 3, pp. 108-135.
162. Breiman, L., 2001, Random forests. *Machine Learning*, 45, pp. 5-32.
163. Ho, T.K., 1995, Random decision forests. *Proceedings of the 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition*, IEEE, 1, pp. 278-282.
164. Vapnik, V.N., 1995, *The nature of statistical learning theory*. Springer-Verlag, New York.
165. Chen, G., Hay, G.J., 2011, A support vector regression approach to estimate forest biophysical parameters at the object level using airborne lidar transects and QuickBird data, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 77(7), pp. 733-741.
166. Friedman J.H., 2001, Greedy function approximation: a gradient boosting machine, *Annals of Statistics*, pp. 1189-1232.
167. Breiman L., 2017, *Classification and regression trees*, Routledge, 368.
168. Fielding A.H., Bell J.F., 1997, A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models, *Environmental Conservation*, 24(1), pp. 38-49.
169. Hein S., Weiskittel A.R., 2010, Cutpoint analysis for models with binary outcomes: a case study on branch mortality, *Forest Science*, 129(4), pp. 585–590.
170. Zhang K., Yao L., Meng J., Tao J., 2018, MaxEnt modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change, *Science of the Total Environment*, 634, pp. 1326-1334.

171. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R., 2017, Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, *Remote Sensing of Environment*, 202, pp. 18-27.
172. Google Earth Engine Documentation, 2023, Available at: <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-reducer-pearsonscorrelation>
173. QGIS Development Team. (2023). *QGIS Geographic Information System. Version 3.32*. Open Source Geospatial Foundation. Available at: <https://qgis.org>
174. Beier S., Thiel T., Münch T., Scholz U., M.M., 2017, MISA-web: a web server for microsatellite prediction, *Bioinformatics*, 33(16), pp. 2583-2585.
175. Ye J., Coulouris G., Zaretskaya I., Cutcutache I., Rozen S., Madden T., 2012, Primer-BLAST: A tool to design target-specific primers for polymerase chain reaction, *BMC Bioinformatics*, 13, 134.
176. Bolger A.M., Lohse M., Usadel B., 2014, Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data, *Bioinformatics*, 30, pp. 2114-2120.
177. Grabherr M.G., Haas B.J., Yassour M., 2011, Full length transcriptome assembly from RNA Seq data without a reference genome, *Nature Biotechnology*, 29, pp. 644-652.
178. Pertea G., Huang X., Liang F., Antonescu V., Sultana R., Karamycheva S., Lee Y., White J., Cheung F., Parvizi B., et al., 2003, TIGR Gene Indices clustering tools (TGICL): a software system for fast clustering of large EST datasets, *Bioinformatics*, 19(5), pp. 651-652.
179. Thiel T., Michalek W., Varshney R.K., Graner A., 2003, Exploiting EST databases for the development and characterization of gene-derived SSR-markers in barley (*Hordeum vulgare* L.), *Theoretical and Applied Genetics*, 106(3), pp. 411-422.
180. Clarke K., Gorley R., 2001, PRIMER user manual: Plymouth routines in multivariate ecological research, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.
181. Excoffier L., Laval G., Schneider S., 2005, Arlequin v. 3.0. an integrated software package for population genetics data analysis, *Evolutionary Bioinformatics Online*, 1, pp. 47-50.
182. Peakall R., Smouse P.E., 2012, GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research an update, *Bioinformatics*, 28(19), pp. 2537-2539.
183. Goudet J., 2001, FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3). Available at: <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>

184. Van Oosterhout C., Hutchinson W.F., Wills D.P., Shipley P., 2004, MICRO-CHECKER: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data, *Molecular Ecology Notes*, 4(3), pp. 535-538.
185. Chybicki I.J., Burczyk J., 2009, Simultaneous estimation of null alleles and inbreeding coefficient, *Journal of Heredity*, 100(1), pp. 106-113.
186. Rousset F., 2008, Genepop'007: a complete re-implementation of the genepop software for Windows and Linux, *Molecular Ecology Resources*, 8(1), pp. 103-106.
187. Piry S., Luikart G., Cornnet J.M., 1999, Bottleneck: a computer program for detecting recent reductions in the effective population size frequency data, *Journal of Heredity*, 90, pp. 502-503.
188. Takezaki N., Nei M., Tamura K., 2010, POPTREE2: Software for constructing population trees from allele frequency data and computing other population statistics with Windows interface, *Molecular Biology and Evolution*, 27(4), pp. 747-752.
189. Earl D.A., Holdt B.M., 2012, Structure Harvester: a website and program for visualizing structure output and implementing the Evanno method, *Conservation Genetics Resources*, 4, pp. 359-361.
190. Evanno G., Regnaut S., Goudet J., 2005, Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study, *Molecular Ecology*, 14(8), pp. 2611-2620.
191. Jombart T., 2008, adegenet: an R package for the multivariate analysis of genetic markers, *Bioinformatics*, 24(11), pp. 1403-1405.
192. Lorena A.C., Jacintho L.F., Siqueira M.F., De Giovanni R., Lohmann L.G., De Carvalho A.C., Yamamoto M., 2011, Comparing machine learning classifiers in potential distribution modelling, *Expert Systems with Applications*, 38(5), pp. 5268-5275.
193. Nguyễn Thanh Tuấn, Phùng Văn Phê, 2023, Applying machine learning algorithms to model the distribution of *Hopea odorata* species on Google Earth Engine, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 3, tr. 91-100.
194. Clark, P.U., Dyke, A. S., Shakun, J.D., Carlson, A.E., Clark, J., Wohlfarth, B., et al., 2009. The Last Glacial Maximum, *Science*, 325(5941), pp. 710–714.
195. Huo, Y., Peltier, W. R., Chandan, D., 2021, Mid-Holocene monsoons in South and Southeast Asia: Dynamically downscaled simulations and the influence of the Green Sahara, *Climate of the Past*, 17(4), pp. 1645–1664.
196. Xu, H., Zhou, K. E., Lan, J., Zhang, G., Zhou, X., 2019, Arid central Asia saw Mid-Holocene drought, *Geology*, 47(3), pp. 255–258.

197. Trần Quang Bảo, Lã Nguyên Khang, Lê Sỹ Doanh, Nguyễn Văn Thị, Phạm Văn Duẩn, Nguyễn Thị Mai Dương, Bùi Thị Minh Nguyệt, Nguyễn Trọng Cường, 2022, Thực trạng và nguyên nhân suy giảm diện tích rừng khộp ở Tây Nguyên, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 4, tr. 65–77.
198. Cục Lâm nghiệp Việt Nam, 2023, Số liệu diễn biến rừng các năm. www.kiemlam.org.vn
199. Mace, G.M., Lande, R., 1991, Assessing extinction threats: Toward a reevaluation of IUCN threatened species categories, *Conservation Biology*, 5(2), pp. 148–157.

PHỤ LỤC

trang

Phụ lục 1: Đặc điểm 357 cá thể Xá xị đã được xác định tại 9 khu vực đại diện cho 5 vùng Sinh thái lâm nghiệp Việt Nam	- 1 -
Phụ lục 2: Danh sách các loài tham gia tầng cây cao của các sinh cảnh rừng nơi có loài Xá xị phân bố	- 11 -
Phụ lục 3: Công thức tổ thành tầng cây cao ở các ô tiêu chuẩn tại các sinh cảnh rừng nơi có loài Xá xị phân bố	- 30 -
Phụ lục 4: Đặc điểm các loài cây đi kèm sống cùng loài Xá xị tại 9 khu vực đại diện cho 5 vùng Sinh thái lâm nghiệp Việt Nam	- 37 -
Phụ lục 5: Danh sách 134 đoạn trình tự chứa SSR đăng trên GenBank của loài Xá xị ở Việt Nam	- 46 -
Phụ lục 6: Dữ liệu alen 15 cặp mỗi SSR của 208 mẫu Xá xị thu tại 9 địa điểm khác nhau của 5 vùng STLN Việt Nam	- 48 -
Phụ lục 7: Một số hình ảnh khảo sát tại các vùng Sinh thái lâm nghiệp Việt nam	- 56 -

Phụ lục 1

**ĐẶC ĐIỂM 357 CÁ THẺ XÁ XỊ ĐÃ ĐƯỢC XÁC ĐỊNH TẠI 9 KHU VỰC KHÁC
NHAU TRONG 5 VÙNG SINH THÁI LÂM NGHIỆP VIỆT NAM**

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Quảng Ninh 01	35,7	21,8	9,5	7,1
Quảng Ninh 02	22,3	15,5	8,8	5,9
Quảng Ninh 03	27,4	17,3	5,1	5,7
Quảng Ninh 04	32,7	18,8	8,5	6,6
Quảng Ninh 05	31,2	17,6	9,6	6,6
Quảng Ninh 06	27,7	15	8,9	6,4
Quảng Ninh 07	29,3	20,5	5,3	7,2
Quảng Ninh 08	28,0	20,1	5,6	6,1
Quảng Ninh 09	24,8	15,6	8,7	7,5
Quảng Ninh 10	31,2	17,9	9,6	7
Quảng Ninh 11	21,5	10,3	4,8	3,9
Quảng Ninh 12	21,9	11,8	8,3	5,9
Quảng Ninh 13	21,9	10,3	4,8	6,8
Quảng Ninh 14	21,6	20,3	5,8	6,6
Quảng Ninh 15	11,2	9,8	5,3	5,9
Quảng Ninh 16	26,3	10,8	4,3	4,9
Quảng Ninh 17	23,5	10,3	6,8	4,1
Quảng Ninh 18	19,3	9,8	4,8	6,3
Quảng Ninh 19	36,3	11,5	7,8	4,7
Vĩnh Phúc 01	16,2	12,5	9,3	7,4
Vĩnh Phúc 02	20,7	13,8	5,8	4,2
Vĩnh Phúc 03	22,9	14,3	9,9	5,2
Vĩnh Phúc 04	24,8	12,8	7,6	5,8
Vĩnh Phúc 05	31,2	17,1	13,8	6,3
Vĩnh Phúc 06	30,9	11,8	5,3	5,1
Vĩnh Phúc 07	28,7	16,3	8,5	7,1
Vĩnh Phúc 08	15,0	15,7	10,5	6,2
Vĩnh Phúc 09	32,2	17,3	9,8	5,3
Vĩnh Phúc 10	43,3	23,3	5,7	7,6
Vĩnh Phúc 11	29,3	10,8	9,8	5,2
Vĩnh Phúc 12	31,2	10	8,3	5,5
Vĩnh Phúc 13	31,8	15,9	13,8	5,2
Vĩnh Phúc 14	21,8	20,7	6,8	5,5
Vĩnh Phúc 15	25,8	20,4	5,3	4,9

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Vĩnh Phúc 16	21,4	20,8	11,5	4,2
Vĩnh Phúc 17	29,9	15,3	7,9	7,2
Vĩnh Phúc 18	15,9	10,2	6,3	5,8
Vĩnh Phúc 19	38,4	17,7	14,3	4,4
Vĩnh Phúc 20	34,5	11,8	10,3	4,4
Vĩnh Phúc 21	33,4	18,1	12,8	4,3
Vĩnh Phúc 22	26,7	12,9	8,8	4,9
Vĩnh Phúc 23	33,8	12	9,3	4
Vĩnh Phúc 24	21,5	18,8	9,8	6,9
Vĩnh Phúc 25	24,7	18,8	15,8	6,1
Vĩnh Phúc 26	22,2	14,3	12,6	5,9
Vĩnh Phúc 27	29,5	12,5	5,3	4
Vĩnh Phúc 28	33,9	12,8	5,4	6,5
Vĩnh Phúc 29	38,8	17,3	9,4	7,1
Vĩnh Phúc 30	19,4	10,8	12,2	7,6
Vĩnh Phúc 31	29,9	12,8	9,1	6,7
Vĩnh Phúc 32	15,9	15,5	11,8	5,8
Phú Thọ 01	50,3	24,1	10,5	7,5
Phú Thọ 02	33,4	16,3	9,5	5,5
Phú Thọ 03	21,3	10,5	7,3	3,5
Phú Thọ 04	20,4	12,9	7,5	3,8
Phú Thọ 05	21,3	10,3	7,9	3,9
Phú Thọ 06	22,6	8,8	5,5	4,3
Phú Thọ 07	19,3	8,4	4,6	5,2
Phú Thọ 08	38,2	11,8	6,3	8
Phú Thọ 09	24,9	10,8	2,5	7,5
Phú Thọ 10	14,3	8,2	3,1	6,5
Phú Thọ 11	22,5	9,3	6,7	5,5
Phú Thọ 12	16,8	8,5	6,8	6,2
Phú Thọ 13	21	9,1	6,1	5,1
Phú Thọ 14	25,1	10,2	7,9	4,3
Phú Thọ 15	22,5	9,8	5,5	3,8
Phú Thọ 16	23,9	10,2	5,5	5,8
Phú Thọ 17	23,3	10,3	3,2	4,9
Phú Thọ 18	17,6	9,5	5,4	7,3
Phú Thọ 19	16,6	10,7	3,3	6,2
Phú Thọ 20	21,8	11,9	3,8	7,1

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Phú Thọ 21	20,9	10,2	6	5,2
Phú Thọ 22	24,4	8,1	5	6,3
Phú Thọ 23	13,7	8,4	2,5	5,1
Phú Thọ 24	14,6	7,9	4	5,2
Phú Thọ 25	23,5	13,9	7,2	5,7
Phú Thọ 26	19,9	9,8	4	6,5
Phú Thọ 27	24,3	12,7	8,6	4,5
Phú Thọ 28	22,7	10,7	8,2	6,2
Phú Thọ 29	21,3	10,5	8,3	6,3
Hòa Bình 01	32,4	12,1	7,5	4,2
Hòa Bình 02	23,6	10,2	5,8	5,2
Hòa Bình 03	19,1	8,3	8,7	5,0
Hòa Bình 04	18,1	9,6	4,4	4,3
Hòa Bình 05	31,5	18,2	6,0	4,7
Hòa Bình 06	9,2	7,7	6,0	5,0
Hòa Bình 07	22,7	14,1	9,6	4,9
Hòa Bình 08	26,3	11,9	9,5	7,2
Hòa Bình 09	24,6	21,2	6,0	5,2
Hòa Bình 10	21,7	9,8	5,7	4,7
Hòa Bình 11	36,1	15,0	6,2	6,8
Hòa Bình 12	18,4	10,1	8,6	5,8
Hòa Bình 13	31,5	24,1	7,7	5,6
Hòa Bình 14	23,9	15,1	8,8	7,0
Hòa Bình 15	24,7	11,3	5,9	5,6
Hòa Bình 16	27,4	15,9	8,4	3,8
Hòa Bình 17	24,4	11,7	8,1	5,2
Hòa Bình 18	32,9	18,0	11,3	4,7
Hòa Bình 19	23,8	13,0	7,7	4,4
Hòa Bình 20	29,8	14,3	8,2	3,8
Hòa Bình 21	16,2	8,3	5,1	5,9
Hòa Bình 22	31,2	15,5	5,7	6,5
Hòa Bình 23	22,1	11,3	7,2	4,9
Hòa Bình 24	21,4	10,1	6,1	5,5
Thanh Hóa 01	68,8	22	12	10
Thanh Hóa 02	106,5	28	25	6,2
Thanh Hóa 03	8,3	6,1	0,5	2,3
Thanh Hóa 04	11,3	14,8	6,3	6,2

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Thanh Hóa 05	21,2	12,3	8,8	6,3
Thanh Hóa 06	7,1	5,6	7,3	5,7
Thanh Hóa 07	18,6	16,8	6,5	6,2
Thanh Hóa 08	24	12,3	3,8	5,2
Thanh Hóa 09	13,3	7,8	3,3	5,6
Thanh Hóa 10	14,9	9,8	7,3	6,7
Thanh Hóa 11	21,8	15,8	7,3	7,5
Thanh Hóa 12	25,2	16,3	9,8	7,2
Thanh Hóa 13	14,1	12,8	8.0	5,6
Thanh Hóa 14	28,6	15,6	10	4,1
Thanh Hóa 15	18,6	10,8	7,5	4
Thanh Hóa 16	11,4	12,3	2,9	5,2
Thanh Hóa 17	29	12,8	9,3	4,5
Thanh Hóa 18	50	19,8	7,3	10
Thanh Hóa 19	67,3	20,8	11,3	10
Thanh Hóa 20	71	17,8	10,8	8,5
Thanh Hóa 21	67	20,8	11,3	9,5
Thanh Hóa 22	29,7	15,8	12,3	5
Thanh Hóa 23	15,5	9,3	6,8	3
Thanh Hóa 24	22	9,8	7,8	4
Thanh Hóa 25	15	8,8	5,3	4,5
Thanh Hóa 26	13	7,8	3,8	4
Thanh Hóa 27	48,2	17,8	11,3	9
Thanh Hóa 28	38,4	6,8	3,8	2,3
Thanh Hóa 29	52,8	6,8	2,9	4,2
Phú Yên 01	27,9	20,0	6,2	4,4
Phú Yên 02	28,0	15,8	5,3	5,3
Phú Yên 03	18,0	11,3	9,1	5,8
Phú Yên 04	25,9	17,0	7,7	5,6
Phú Yên 05	20,4	17,8	7,3	4,2
Phú Yên 06	26,4	20,2	6,6	4,3
Phú Yên 07	25,8	13,2	7,4	5,6
Phú Yên 08	27,7	15,3	5,0	4,4
Phú Yên 09	22,9	19,3	8,6	3,9
Phú Yên 10	25,7	11,8	5,3	4,1
Phú Yên 11	23,2	14,4	7,7	5,1
Phú Yên 12	22,2	12,5	6,5	5,1

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	Dt(m)
Phú Yên 13	19,4	10,0	7,7	5,6
Phú Yên 14	23,3	15,2	5,5	4,5
Phú Yên 15	27,1	15,0	2,2	5,7
Phú Yên 16	25,1	18,4	8,8	3,8
Phú Yên 17	23,9	11,9	7,5	5,8
Phú Yên 18	18,1	12,8	7,5	5,3
Phú Yên 19	19,1	14,8	6,8	4,4
Phú Yên 20	23,1	10,2	7,8	5,3
Phú Yên 21	19,3	12,2	9,2	5,2
Phú Yên 22	19,9	11,6	8,1	5,2
Phú Yên 23	30,3	16,4	6,8	4,5
Phú Yên 24	29,8	18,7	7,3	4,4
Phú Yên 25	26,6	17,0	8,8	5
Phú Yên 26	28,5	18,6	5,1	3,8
Phú Yên 27	28,7	15,3	7,6	4,4
Phú Yên 28	19,4	16,8	4,9	5
Phú Yên 29	30	16,6	7,1	5,9
Phú Yên 30	27,2	12,8	5,3	5,3
Phú Yên 31	23,3	10,0	5,8	4,6
Phú Yên 32	23,9	10,8	8,0	4,8
Phú Yên 33	30	17,8	6,5	3,5
Phú Yên 34	27,8	13,0	5,0	4,4
Phú Yên 35	26,6	12,5	8,1	5
Phú Yên 36	30,5	19,5	5,1	7,9
Phú Yên 37	27,7	19,3	7,8	4,4
Phú Yên 38	19,4	8,3	5,4	5
Phú Yên 39	25,1	12,6	6,2	3,8
Phú Yên 40	24,8	11,6	4,3	4,2
Phú Yên 41	12,1	9,5	6,7	4,1
Phú Yên 42	29,9	10,2	7,4	4,2
Quảng Nam 01	40,1	16,9	12,0	9,5
Quảng Nam 02	17,4	10,1	3,9	5
Quảng Nam 03	17,8	12,8	5,0	3,3
Quảng Nam 04	38,2	16,0	7,5	5,2
Quảng Nam 05	30,9	14,7	6,6	3,9
Quảng Nam 06	31,1	16,9	4,6	4,7
Quảng Nam 07	21,3	16,1	5,5	3,1

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	Dt(m)
Quảng Nam 08	24,2	16,4	12,5	6,0
Quảng Nam 09	24,2	16,4	12,5	7,5
Quảng Nam 10	22,1	13,4	10,3	5,1
Quảng Nam 11	30,4	16,5	4,7	8,6
Quảng Nam 12	19,4	8,5	5,5	4,5
Quảng Nam 13	12,8	8,5	3,8	4,9
Quảng Nam 14	12,8	7,5	4,8	5,2
Quảng Nam 15	17,7	9,5	4,2	4,6
Quảng Nam 16	18,5	10,0	4,5	5,1
Quảng Nam 17	16,1	10,8	3,8	6,5
Quảng Nam 18	16,1	11,0	5,8	7,6
Quảng Nam 19	24,2	16,4	11,5	5,2
Quảng Nam 20	15,7	11,5	8,5	5,5
Quảng Nam 21	22,1	13,4	10,3	6,6
Quảng Nam 22	20,9	14,6	8,7	7,5
Quảng Nam 23	15,7	11,5	8,5	5,5
Quảng Nam 24	25,1	10,4	7,4	4,2
Quảng Nam 25	12,8	8,5	5,8	5,9
Quảng Nam 26	15,7	9,5	5,5	7,5
Quảng Nam 27	24,2	16,4	12,5	5,2
Quảng Nam 28	17,7	10,5	6,0	5,0
Quảng Nam 29	22,1	13,4	4,3	6,8
Quảng Nam 30	7,3	5,1	2,7	1,5
Quảng Nam 31	28,9	7,1	3,1	5,2
Quảng Nam 32	20,3	11,2	8,3	4,1
Quảng Nam 33	21,7	15,4	9,5	5,7
Quảng Nam 34	26,9	9,4	5,6	5,2
Quảng Nam 35	20,1	12,2	8,5	3,9
Quảng Nam 36	21,3	11,9	5,9	4,3
Quảng Nam 37	14,7	8,0	5,5	5,4
Quảng Nam 38	23,2	16,9	9,7	8,5
Quảng Nam 39	24,6	10,0	5,9	4,1
Quảng Nam 40	20,9	14,6	8,7	5,5
Lâm Đồng 01	30,4	21,7	14,7	5,2
Lâm Đồng 02	19,4	12,5	6,5	5,2
Lâm Đồng 03	19,5	11	4,5	10
Lâm Đồng 04	27	10	3,8	7,5

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Lâm Đồng 05	28	8,2	8,5	5,5
Lâm Đồng 06	32,5	10,1	5,1	7
Lâm Đồng 07	22	5	3,8	Cụt ngọn
Lâm Đồng 08	13	6	3,5	4
Lâm Đồng 09	10	6,6	2,5	2,7
Lâm Đồng 10	19	10	4,3	4
Lâm Đồng 11	43	16	9	7
Lâm Đồng 12	24,3	10	6,8	3,5
Lâm Đồng 13	32,5	9	5,1	6,8
Lâm Đồng 14	16	9	6,5	4,5
Lâm Đồng 15	27,9	8	6,5	5,5
Lâm Đồng 16	32	11	5,3	11
Lâm Đồng 17	32	10	6,5	4,2
Lâm Đồng 18	42	14	7,2	6,5
Lâm Đồng 19	42	13	6,3	7,5
Lâm Đồng 20	31,8	11,9	1,5	9,2
Lâm Đồng 21	26,8	14,6	7,7	10,5
Lâm Đồng 22	43,5	16,5	7,5	9,2
Lâm Đồng 23	30,4	16,3	7,2	9,2
Lâm Đồng 24	26,1	17,8	3,9	8,6
Lâm Đồng 25	22,6	12,1	4,6	9,2
Lâm Đồng 26	25,8	16,1	5,1	9,7
Lâm Đồng 27	21,6	15,4	5,5	8,8
Lâm Đồng 28	32,4	15,0	4,8	9,5
Lâm Đồng 29	13,3	11,1	2,1	9,1
Lâm Đồng 30	30,7	12,3	3,3	9,9
Lâm Đồng 31	24,7	12,7	4,3	9,6
Lâm Đồng 32	17,1	10,7	8,4	9,9
Lâm Đồng 33	30,2	13,7	4,8	9,6
Lâm Đồng 34	31,7	15,0	5,4	11
Lâm Đồng 35	33,8	16,7	7,8	11,5
Lâm Đồng 36	32,7	15,9	5,3	9,2
Lâm Đồng 37	17,8	12,8	6,7	11,4
Lâm Đồng 38	25,7	14,2	8,2	9,7
Lâm Đồng 39	11,5	9,5	5,0	9,3
Lâm Đồng 40	30,5	18,2	10,5	10,9
Lâm Đồng 41	11,8	8,3	8,7	10

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Lâm Đồng 42	32,2	13,0	7,5	9,9
Lâm Đồng 43	14,4	13,6	6,2	11,2
Lâm Đồng 44	16,2	13,4	6,0	10,5
Lâm Đồng 45	33,6	14,4	5,7	10,5
Lâm Đồng 46	30,3	15,1	5,6	10,5
Lâm Đồng 47	15,8	13,1	7,6	9,4
Lâm Đồng 48	27,2	13,5	7,8	9,1
Lâm Đồng 49	15,1	12,1	6,3	10,5
Lâm Đồng 50	15,1	10,3	7,6	9,5
Lâm Đồng 51	15,9	12,9	6,2	10,7
Lâm Đồng 52	10	4,1	5,3	2,5
Lâm Đồng 53	21,9	14,9	6,9	9,9
Lâm Đồng 54	13,6	11,6	5,8	9,5
Lâm Đồng 55	12,9	10,8	4,9	10,7
Lâm Đồng 56	19,2	13,1	9,7	9,9
Lâm Đồng 57	25,5	13,8	8,8	8,2
Lâm Đồng 58	31,4	14,2	7,6	7,9
Lâm Đồng 59	22,9	14,8	10,2	8,3
Lâm Đồng 60	18,6	14,1	8,4	8,2
Lâm Đồng 61	25,4	13,8	8,3	9,1
Lâm Đồng 62	27,5	13,9	9,6	10,6
Gia Lai 01	19,5	8,7	8,2	4,7
Gia Lai 02	40	18	9	8,0
Gia Lai 03	70	20	10	8,9
Gia Lai 04	35	15	11	9,5
Gia Lai 05	45	17	8	8,2
Gia Lai 06	35	15	10	8,9
Gia Lai 07	42	18	7	9,5
Gia Lai 08	38	12	10	10,4
Gia Lai 09	70	20	8	9,8
Gia Lai 10	40	15	8	9,1
Gia Lai 11	40	18	11	9,3
Gia Lai 12	30	15	9	8,0
Gia Lai 13	65	12	8	8,9
Gia Lai 14	60	20	11	9,5
Gia Lai 15	70	20	8	8,2
Gia Lai 16	70	20	10	8,9

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Gia Lai 17	48	17	8	9,5
Gia Lai 18	65	22	17	8,2
Gia Lai 19	52	16	7	8,7
Gia Lai 20	35	14	9	8,6
Gia Lai 21	45	12	10	8,7
Gia Lai 22	50	18	7	8,9
Gia Lai 23	60	18	6	9,5
Gia Lai 24	47	16	8	7,8
Gia Lai 25	67	20	10	9,7
Gia Lai 26	43	18	9	8,4
Gia Lai 27	47	17	7	9,2
Gia Lai 28	56	10	8	7,6
Gia Lai 29	70	20	10	8,7
Gia Lai 30	40	16	10	10,0
Gia Lai 31	37	10	6	7,5
Gia Lai 32	64	10,8	8	8,7
Gia Lai 33	46	19	6	8,1
Gia Lai 34	96	12	7	8,7
Gia Lai 35	32	10	8	9,2
Gia Lai 36	33	18	8	8,3
Gia Lai 37	68	16	7	9,0
Gia Lai 38	69	18	11	8,6
Gia Lai 39	81	12	10	9,4
Gia Lai 40	48	8	9	9,1
Gia Lai 41	62	20	11	9,4
Gia Lai 42	40	19	7	9,1
Gia Lai 43	54	20	8	10,5
Gia Lai 44	46	18	8,5	7,8
Gia Lai 45	69	10	9,5	8,2
Gia Lai 46	32	16	9,5	7,9
Gia Lai 47	34	15,5	10,5	7,6
Gia Lai 48	41	18	9	8,7
Gia Lai 49	32	15,5	9,5	8,4
Gia Lai 50	33	17,5	9,5	8,5
Gia Lai 51	31	16,5	9,5	8,6
Gia Lai 52	42	18	9	8,9
Gia Lai 53	83	16	15,5	7,9

Cá thể	D_{1,3}(cm)	H_{vn}(m)	H_{dc}(m)	D_t(m)
Gia Lai 54	70	15	13,5	8,1
Gia Lai 55	37	16	9,5	8,7
Gia Lai 56	30	16	9,5	8,2
Gia Lai 57	96	21,5	8,7	8,4
Gia Lai 58	52	13	4,5	8,5
Gia Lai 59	68	15	5,5	8,3
Gia Lai 60	58	16	4,5	7,8
Gia Lai 61	88	18	6,5	8,4
Gia Lai 62	43	16	7,5	8,9
Gia Lai 63	37	15	9	8,8
Gia Lai 64	45	17	10	10,0
Gia Lai 65	24	13	9,5	9,4
Gia Lai 66	38	12	7,5	9,0
Gia Lai 67	25	12	9	11,0
Gia Lai 68	87	18	8,5	9,4
Gia Lai 69	70	12	8,5	11,2
Gia Lai 70	45	11	5,5	8,8
Gia Lai 71	34	10	4,5	11,5
Gia Lai 72	49	12	6,5	10,1
Gia Lai 73	44	10	9,5	11,0
Gia Lai 74	20,2	11	5,2	10,8
Gia Lai 75	39	10	4,8	9,4
Gia Lai 76	35	12,2	7,8	9,3
Gia Lai 77	40	16	8,5	9,4
Gia Lai 78	61	11	6,6	9,1
Gia Lai 79	74	12	5,5	8,9
Gia Lai 80	51	18	8,5	9,3

Phụ lục 2

**DANH SÁCH CÁC LOÀI THAM GIA TẦNG CÂY CAO CỦA CÁC SINH CẢNH
RỪNG NƠI CÓ LOÀI XÁ XỊ PHÂN BỐ**

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
1. Hòa Bình (Vùng STLN Tây Bắc)						
1	Bông bạc	<i>Vernonia arborea</i> Buch.	23,00	19,99	6,18	4,37
2	Dẻ gai lá nhỏ	<i>Castanopsis acuminatissima</i> (Bl.) A.DC.	26,58	8,81	5,29	5,33
3	Dẻ lỗ	<i>Lithocarpus fenestratus</i> (Roxb.) Rehd.	24,20	11,30	9,10	5,75
4	Chò chỉ	<i>Parashorea chinensis</i> H. Wang	30,30	10,10	7,15	6,15
5	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (D.C.) Backer ex K. Heyne	24,62	17,79	7,33	4,18
6	Thôi ba	<i>Alangium tonkinense</i> Gagnep.	23,08	20,21	10,60	4,34
7	Bồ cu vẽ cuống dài	<i>Breynia septata</i> Beille	24,08	13,23	7,43	5,59
8	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	26,03	15,26	5,05	4,43
9	Móng bò hoa đỏ	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	27,83	19,31	8,58	3,92
10	Pơmu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	24,09	11,80	5,31	4,11
11	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	24,79	14,44	7,66	5,06
12	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	25,57	18,26	6,53	5,12
13	Sồi	<i>Quercus</i> spp.,	24,82	20,04	7,66	5,57
14	Sồi dầu cứng	<i>Fagus longipetiolata</i> Seemen	27,06	15,16	5,53	4,49
15	Sồi dầu to	<i>Quercus macrocalyx</i> Hickel & A.Camus	22,61	14,98	5,32	5,68
16	Táo mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	25,48	18,43	8,80	3,82
17	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	27,18	11,90	7,50	5,76
18	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	29,53	12,80	10,01	5,35
19	Vù hương	<i>Cinnamomum balansae</i> Lecomte	23,38	16,84	6,84	4,38
20	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burtt et Hill.)	28,39	10,23	7,78	5,27
2. Phú Thọ (Vùng STLN Đông Bắc)						
1	Bông bạc	<i>Vernonia arborea</i> Buch.	23,25	18,6	10,3	4,8
2	Cà lồ	<i>Caryodaphnopsis tonkinensis</i> (Lecomte) Airy Shaw	44,00	18,9	3,6	4,25
3	Chò chỉ	<i>Parashorea chinensis</i> H. Wang	48,50	17,7	5,9	4,95

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
4	Côm	<i>Elaeocarpus varunua</i> Buch.	22,00	15,8	5,4	4,95
5	Đáng chân chim	<i>Schefflera Octophylla</i> (Lour.)	29,00	22,8	17,3	10
6	Dẻ gai yên thế	<i>Castanopsis aff. boisii</i> Hickel & Camus	23,54	21,8	16,3	10
7	Dẻ gai Phú Thọ	<i>Castanopsis phuthoensis</i> Luong	37,50	16,8	12,3	7,5
8	Dẻ lỗ	<i>Lithocarpus fenestratus</i> (Roxb.) Rehd.	20,00	17	8,7	5
9	Gội nếp	<i>Aglaia spectabilis</i> Miq.	27,00	20,2	5,1	6,5
10	Trám đen	<i>Canarium tramdenum</i> Dai & Ykovl.	40,50	25,6	10,0	7,8
11	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (D.C.) Backer ex K. Heyne	19,75	15,3	6,7	5,45
12	Thôi ba	<i>Alangium tonkinense</i> Gagnep.	23,37	23,5	6,8	6,15
13	Long kên	<i>Breynia septata</i> Beille	21,95	24,1	6,1	5,05
14	Mắc niễng	<i>Eberhardtia aurata</i> (Pierre ex Dubard) Lecomte	55,00	12,2	7,9	4,25
15	Máu chó	<i>Knema globularia</i> Lam	37,00	17,8	5,5	3,8
16	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	22,77	22	5,5	5,8
17	Móng bò hoa đỏ	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	23,60	19,3	13,2	4,85
18	Nái	<i>Oreocnide frutescens</i> (Thunb.) Miq.,	17,00	11,5	10,4	7,3
19	Ngát	<i>Gironniera cuspidata</i> (Blume) Kurz	51,67	22,7	11,1	6,15
20	Sở	<i>Dillenia</i> L.,	39,25	21,9	11,1	7,05
21	Pomu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	23,44	19,2	6	5,15
22	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	22,07	8,1	5	6,25
23	Re xanh	<i>Cinnamomum tonkinense</i> (Lecomte) A.Chev.,	24,00	22,4	2,5	5,1
24	Sâng	<i>Pometia pinnata</i> J.R.Forst. & G.Forst.,	70,00	17,9	4	5,15
25	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	20,60	13,9	7,2	5,7
26	Sòi	<i>Quercus</i> spp.,	23,17	23,8	8,8	6,45
27	Sòi dầu cứng	<i>Fagus longipetiolata</i> Seemen	24,50	21,7	8,6	4,5
28	Sòi dầu to	<i>Lithocarpus bonnetii</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	19,87	17,7	8,2	6,15
29	Sòi phẳng	<i>Lithocarpus fissus</i> Champ. ex benth.	40,00	19,5	8,3	6,3

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
30	Sung rừng	<i>Ficus racemosa</i> L.,	20,00	27,3	22,2	11,2
31	Táo mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	22,99	13,3	18,8	6,7
32	Trám trắng	<i>Canarium album</i> Raeusch.	42,00	21,9	19,1	6,2
33	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	19,18	18,2	17,4	10,1
34	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	18,95	18,9	28,3	8,3
35	Vàng anh	<i>Saraca dives</i> Pierre	37,00	24,8	20,8	9,9
36	Vù hương	<i>Cinnamomum balansae</i> Lecomte	22,35	18,5	21,0	8,0
37	Xoan đào	<i>Prunus arborea</i> (Blume) Kalkman	42,00	17,3	23,1	13,0
38	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.	22,62	16,3	15,1	6,9

3. Vĩnh Phúc (Vùng STLN Đông Bắc)

1	Bông bạc	<i>Vernonia arborea</i> Buch.	28,19	9	5,1	4
2	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance	26,50	8	4,2	4,2
3	Dẻ gai yên thế	<i>Castanopsis aff. boisii</i> Hickel & Camus	24,20	10	6,1	5
4	Vải rừng	<i>Nephelium cuspidatum</i> Blume	30,63	9,5	5,2	4,6
5	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (D.C.) Backer ex K. Heyne	28,23	9	4,3	3,5
6	Côm trâu	<i>Elaeocarpus floribundus</i> Blume	26,95	7,5	3,6	4,1
7	Sồi rẻ	<i>Belamcanda chinensis</i> (L.) DC.	29,62	7	3,5	5
8	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	26,59	10,5	4,2'	3,5
9	Móng bò hoa đỏ	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	30,00	11	4,6	3,8
10	Pomu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	27,15	12	5,1	4,5
11	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	28,29	7,8	3,8	6
12	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	28,81	9	4,2	5,4
13	Kháo xanh	<i>Cinnadenia paniculata</i> (Hook.f.) Kosterm.	27,49	13	6,2	3,4
14	Sồi dầu cứng	<i>Fagus longipetiolata</i> Seemen	27,34	11,5	6,1	5,3
15	Sồi dầu to	<i>Quercus macrocalyx</i> Hickel & A. Camus	26,90	10,5	5,8	3
16	Táo mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	27,04	9,5	6,3	3,4
17	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	24,72	7,2	5,4	3,1

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
18	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	24,08	8,5	4,6	2,9
19	Vù hương	<i>Cinnamomum balansae</i> Lecomte	26,20	11,5	5,9	3,3
20	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.)	26,36	10,2	6	4,8
4. Quảng Ninh (Vùng STLN Đông Bắc)						
1	Bách xanh	<i>Calocedrus macrolepis</i> Kurz	25,5	15,8	5,5	6,6
2	Bứa	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ. ex Benth.	22,77	16,75	10,03	5,48
3	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance	28,34	17,00	10,05	6,60
4	Dẻ gai yên thể	<i>Castanopsis aff. boisii</i> Hickel & Camus	24,10	19,00	10,80	6,33
5	Gụ lau	<i>Sindora tonkinensis</i> A. Chev. ex K. & S. Larsen	23,57	17,67	10,70	5,33
6	Lim xanh	<i>Erythrophleum fordii</i> Oliv.	25,51	18,11	13,63	6,03
7	Lọng bàng	<i>Dillenia heterosepala</i> Finet et Gagnep.	22,29	18,00	10,00	6,40
8	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	24,52	18,00	11,20	4,50
9	Ngát	<i>Gironniera cuspidata</i> (Blume) Kurz	26,01	16,33	13,97	6,07
10	Pơmu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	23,89	17,76	10,18	5,52
11	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	24,31	16,50	12,97	5,32
12	Sồi dầu cứng	<i>Fagus longipetiolata</i> Seemen	22,44	21,16	12,30	5,73
13	Táu	<i>Vatica subglabra</i> Merr.	24,10	17,00	13,27	5,93
14	Táu mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	23,89	17,33	10,87	5,07
15	Thị rừng	<i>Diospyros cauliflora</i> Blume	19,75	15,00	12,50	4,10
16	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	26,59	18,25	9,38	5,85
17	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	24,89	18,88	10,55	5,05
18	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	21,98	20,35	12,01	5,71
19	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.)	27,71	16,00	5,00	7,20
20	Vàng trứng	<i>Endospermum chinense</i> Benth.	26,62	18,60	14,36	6,72
5. Thanh Hóa (Vùng STLN Bắc Trung Bộ)						
1	Ba đậu lá thuôn	<i>Croton joufra</i> Roxb	18,65	14	11,1	4,8
2	Bạch đàn	<i>Eucalyptus obliqua</i> L'Hér	70,50	14,5	10,6	4,8

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
3	Bời lời lá tròn	<i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i> (Nees) C.K. Allen	17,60	17,5	12,6	4
4	Bời lời nhót	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C.B. Rob.	26,80	16	11,1	5,7
5	Dạ hợp dandy	<i>Manglietia dandyi</i> (Gagnep.) Dandy	21,51	17	12,1	4,95
6	Bứa	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ.	14,83	8,5	4,6	4,4
7	Bưởi bung	<i>Glycosmis pentaphylla</i> (Retz.) Correa.	16,25	8	4,1	3,85
8	Cà lồ	<i>Caryodaphnopsis tonkinensis</i> (Lecomte) Airy Shaw	20,33	14	10,1	3,8
9	Chấp tay	<i>Exbucklandia tonkinensis</i> (Lecomte) H.T.Chang	23,50	9,5	6,6	5
10	Kháo xanh	<i>Cinnadenia paniculata</i> (Hook.f.) Kosterm.	30,6	8,7	4,1	6,3
11	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance.	35,50	12	9,1	4,6
12	Chôm chôm rừng	<i>Nephelium hypoleucum</i> Kurz.	44,07	17	12,1	5,5
13	Chua khét	<i>Dysoxylum cyrtobotryum</i> Miq.	38,00	11,5	7,6	4
14	Côm tàng	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A. Gray	44,80	9,5	5,6	3,9
15	Đáng chân chim	<i>Schefflera heptaphylla</i> (L.) Frodin.	25,38	14	9,1	5,5
16	Dâu da đất	<i>Lansium domesticum</i> (Osbeck) Sahni & Bennet	13,00	13	10,1	4,65
17	Dẻ gai lá nhỏ	<i>Castanopsis acuminatissima</i> (Bl.) A.DC.	22,11	14	9,1	5,05
18	Dẻ gai	<i>Castanopsis phuthoensis</i> Luong	23,94	13	10	5,2
19	Giổi lông	<i>Michelia balansae</i> (DC.) Dandy	63,70	12	11	6,2
20	Chò chỉ	<i>Parashorea chinensis</i> Wang Hsie	38,6	10,7	4,1	6,3
21	Gội	<i>Aglaia cambodiana</i> (Pierre) Pierre	17,00	4,5	3,5	4,9
22	Gội nếp	<i>Aglaia spectabilis</i> (Miq.) S.S. Jain & S.S.R. Bennet	25,85	9,5	7,5	5,55
23	Gội tẻ	<i>Aglaia</i> sp.	31,50	8	5	5,1
24	Thôi ba	<i>Alangium tonkinense</i> Gagnep.	22,75	7	5	4,85
25	Kháo vàng	<i>Machilus bonii</i> Lecomte	42,07	9	8	4,95
26	Kháo vòng	<i>Machilus odoratissima</i> (Nees) Hook.f.	18,83	4	1	5,8
27	Lá dương đỏ	<i>Alniphyllum eberhardtii</i> Guillaum	9,67	8	5	4,6

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
28	Lát hoa	<i>Chukrasia tabularis</i> A. Juss.	43,10	10	7	5,05
29	Lim xanh	<i>Erythrophleum fordii</i> Oliv.	31,60	8,5	5,5	4,3
30	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (DC.) Backer ex K. Heyne	19,75	13	12	5,8
31	Muồng 1 lá	<i>Crotalaria ferruginea</i> Grah. ex Benth	25,02	4	1	5,7
32	Chò nhai	<i>Anogeissus acuminata</i> (Roxb. ex DC.) Guill.	17,71	4	3	5,1
33	Mắc khén	<i>Zanthoxylum rhetsa</i> (Roxb.) DC.	14,50	10	8	5,25
34	Mắc niềng	<i>Eberhardtia tonkinensis</i> H. Lec.	18,33	6	4	5,3
35	Màng tang	<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	12,50	8	5	6,3
36	Màu cau	<i>Goniothalamus macrocalyx</i> Ban	19,90	8	6	4,95
37	Máu chó lá nhỏ	<i>Knema globularia</i> (Lam.) Warb.	18,87	4,5	3,5	5,55
38	Máu chó lá to	<i>Knema pierrei</i> Warb.	15,00	4,5	3,5	5,5
39	Mé cò ke	<i>Grewia paniculata</i> L.	33,00	4	2	5,15
40	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	21,94	12	10	4,9
41	Mòng bò tím	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	26,50	12,5	10,5	5,25
42	Nanh chuột	<i>Streblus asper</i> Lour.	23,70	6	5	6,2
43	Ngát tron	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	22,50	13	12	5,15
44	Nhãn rừng	<i>Dimocarpus fumatus</i> (Blume) Leenh.	31,58	13	12	5,15
45	Nhội	<i>Bischofia javanica</i> Blume (B. trifoliata (Roxb.) Hook. f.).	22,75	8,5	6,5	5,45
46	Nghiến	<i>Excentrodendron tonkinense</i> (Gagnep.) Chang & Miao	36,8	12,5	8,5	7,9
47	Mã hồ	<i>Mahonia nepalensis</i> DC.	17,83	9,5	7,7	6,15
48	Pơ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & H. H. Thomas	20,93	15,5	13,7	4,6
49	Quế	<i>Cinnamomum cassia</i> (L.) J. Presl	52,00	14,5	12,7	6,25
50	Ràng ràng mít	<i>Ormosia balansae</i> Drake.	15,50	15,5	13,7	5,55
51	Ràng ràng xanh	<i>Ormosia pinnata</i> (Lour.) Merr.	21,00	14	12,2	5,4
52	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> . (Jack) Meisn	27,85	15,5	11,7	4,7
53	Roi rừng	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston (Eugenia Jambos L.)	13,00	10	8,2	6,35

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
54	Sâng	<i>Pometia pinnata</i> J.R.Forst. & G.Forst.	39,30	17	14,2	6,7
55	Sâng	<i>Sterculia lanceolata</i> Cavan	18,30	12,5	8,7	5,7
56	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	23,27	15	12,2	4,15
57	Sau sau	<i>Liquidambar formosana</i> Hance	34,00	9,5	7,7	4,95
58	Sến mù	<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	15,75	15,5	12,7	7,2
59	Sồi	<i>Quercus</i> spp.,	22,33	12	9,2	5
60	Sồi đầu to	<i>Lithocarpus bonnetii</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	16,87	12,5	10,7	4,7
61	Sồi quả mọng	<i>Sapium baccatum</i> Roxb.	17,50	17	13,2	6,7
62	Sồi tía	<i>Sapium discolor</i> (Champ.) Muell. - Arg.	11,00	11	8,2	5,7
63	Sung lá lệch	<i>Ficus racemosa</i> L.,	21,50	9	7,2	4,7
64	Táo mặt quỷ	<i>Hopea chinensis</i> (Merr.) Hand	22,88	12,5	10,7	5,6
65	Táo muối	<i>Vatica diospyroides</i> Symingt	58,50	13,5	11,7	7,35
66	Thần mát	<i>Millettia ichthyochtona</i> Drake	35,50	17	14,2	6,15
67	Thầu tầu	<i>Aporosa dioica</i> (Roxb.) Muell.-Arg.	14,33	11	7,2	5,8
68	Thị rừng	<i>Diospyros rubra</i> H.Lec.	16,00	11	9,2	6,45
69	Sa mu dàu	<i>Cunninghamia konishii</i> Hayata	45,50	12,5	10	5,45
70	Trắc xanh	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	18,25	14,5	12,7	5,4
71	Trám chim	<i>Canarium tramdenanum</i> Dai & Yakovl.	21,00	11	9,2	5,35
72	Trâm tía	<i>Syzygium zeylanicum</i> (L.) DC.	18,25	10	7,2	5,45
73	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	22,64	18,5	11,5	5,5
74	Trầu lá xẻ	<i>Vernicia montana</i> Lour	30,50	17	11	5,35
75	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	21,72	12	6	5,3
76	Vải rừng	<i>Nephelium lappaceum</i> var. pallens	28,75	15	8	5,8
77	Vải thiều	<i>Litchi chinensis</i> Sonn.	56,60	11	3	5,65
78	Vù hương	<i>Cinnamomum balansae</i> H.Lec	20,76	17	10	5,55
79	Xẻn gai	<i>Zanthoxylum armatum</i> DC., (<i>Z. alatum</i> Roxb.)	16,25	19,5	11,5	5,85
80	Xoài	<i>Mangifera indica</i> L.	43,30	14	7	5,25
81	Xoan đào	<i>Prunus arborea</i> (Blume) Kalkman	44,20	20	14	6,25

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
82	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) B.L.Burt & A.W.Hill	22,43	20,5	12,5	5,05
83	Xoan ta	<i>Melia azedarach</i> L.	48,15	17	10	4,85
84	Sến mật	<i>Madhuca pasquieri</i> (Dubard) H. J. Lam	33,1	18,2	9,8	6,9
6. Phú Yên (Vùng STLN Nam Trung Bộ)						
1	Xoài rừng	<i>Mangifera dongnaiensis</i> Pierre	15,80	26	18	5,05
2	Chây láng	<i>Buchanania glabra</i> Wall. ex Eng	74,40	17	8,5	5,45
3	Mô ca	<i>Buchanania reticulata</i> Hance	68,00	15	7,5	7,15
4	Sưng có đuôi	<i>Semecarpus caudata</i> Pierre	84,50	18,5	13	5,3
5	Cồng chanh	<i>Swintonia minuta</i> Evrard	34,60	12	6,5	4,7
6	Bùi trái to	<i>Ilex macrocarpa</i> Oliv.	46,00	11,5	5	5,8
7	Bùi tán	<i>Ilex cymosa</i> Blume.	74,20	13	5	7
8	Bùi tán	<i>Ilex umbellata</i> Klotzsch ex Reissek	68,80	12	6,5	6,7
9	Đáng	<i>Schefflera heptaphylla</i> (L.) frodin	44,20	8	4	4,7
10	Ki gân bằng Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i> Planch.	36,20	10	6	2,75
11	Quảng lông	<i>Alangium salviifolium</i> (L.f.) Wangerin	42,80	8	3	5,6
12	Sổ Blanchard	<i>Dillenia blanchardii</i> Pierre	76,40	14	8,5	4,8
13	Dầu rái	<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb.ex G.Don	38,20	8,5	3	3,9
14	Thị láng	<i>Diospyros nitida</i> Merr.	50,40	11	3,5	5,3
15	Đỏ an	<i>Diospyros brandisiana</i> Kurz	40,20	8	3	4
16	Thị lắc, vẩy ốc	<i>Diospyros filitendula</i> Pierre ex Lecomte	52,00	9	3,5	4,6
17	Thị lá dài rộng	<i>Diospyros latisepala</i> Ridl.	56,80	11	4	4,4
18	Vàng trứng	<i>Endospermum chinensis</i> Benth	47,20	9	5	5,35
19	Lây đông cuống ngắn	<i>Cleidion brevipetiolatum</i> Pax & K.Hoffm.	50,00	11	4,5	5
20	Ruối lọng	<i>Mallotus peltatus</i> (Geiseler) Mull.Arg.	34,60	11	6	3,8
21	Lim xệt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> Backer.	42,00	7,5	3	4,75
22	Xoay	<i>Dialium cochinchinensis</i> Pierre	44,00	9,5	4	4,75

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
23	Trai	<i>Fagreae fragrans</i> Roxb.	28,80	7	4	4,4
24	Lành ngành nam	<i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Blume	53,40	10	5,5	4,65
25	Rè hương	<i>Cinnamomum iners</i> Reinw. ex Blume	53,80	15	9	3,75
26	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	20,50	15	8	4
27	Bời lời thon	<i>Litsea lancifolia</i> (Roxb. Ex Nees) Fern - Vill.	43,40	14	8,5	4,25
28	Bời lời chân dài	<i>litsea longipes</i> (Meisn.) Hook. f.	42,40	13	6,5	5,2
29	Chiếc tam lang	<i>Barringtonia pauciflora</i> (Jack) Kurz	52,00	16	5	4,6
30	Lộc vùng	<i>Barringtonia sp.</i>	34,60	11	4	2,75
31	Chiếc đỏ	<i>Barringtonia acutangula</i> (L.) Gaertn.	42,00	9	3,5	5,8
32	Tam lang	<i>Barringtonia racemosa</i> (L.) Spreng.	48,00	12	5	3,75
33	Trắc Hance	<i>Dalbergia hancei</i> Benth.	52,60	8	3	4,65
34	Thô	<i>Saraca declinata</i> Miq.	62,00	13	4,5	5,95
35	Gỗ dầu, gỗ sừng	<i>Sindora tonkinensis</i> K.Larsen & S.S.larsen	32,00	11	5	4,15
36	Giổi	<i>Michelia sp.</i>	66,40	13	5,5	5,8
37	Ngâu lông	<i>Aglaia tomeniosa</i> Teijsm. & Binn.	34,60	10	6	4,35
38	Mít nài	<i>Artocarpus gomezianus</i> Wall. ex Trec.	38,00	11	4	4,7
39	Đa trơn	<i>Ficus elastic</i> Rob.	43,00	8	3,5	5,1
40	Sung rừng	<i>Ficus heteropleura</i> Blume	62,80	12	5	6,65
41	Trâm suối	<i>Syzygium ripicola</i> (Craib) Merr. & L.M.Perry	74,00	14	4,5	6,75
42	Trâm với	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	46,00	7	3	4,2
43	Bưởi bung	<i>Acronychia pedunculata</i> (L.) Miq.	44,40	9	3,5	4,9
44	Hoàng mộc sai	<i>Citrus grandis</i> L. Osbeck	50,20	11	6	4,6
45	Lộc mại	<i>Claoxylon indicum</i> (Reinw. ex Blume) Hassk.	47,20	8	3	4,2
46	Bôm bà	<i>Scolopia macrophylla</i> Clos	56,80	13	4,4	4,4
47	Ngoại mộc hoa to	<i>Allophylus gandiflorus</i> Radlk.	54,00	12	5	5,4

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
48	Xây dao, cốt, chay	<i>Palaquium obovatum</i> (Griff.) Engl.	38,4	6	2,5	3,25
49	Cóc rừng	<i>Spondias pinnata</i> (L. f.) Kurz	30,5	8,6	4,5	5,6
50	Re gừng	<i>Cinnamomum obtusifolium</i> (Roxb) Nees	36,4	8,5	4,5	4,6
51	Trai lý	<i>Fagraea fragrans</i> Roxb.	35,2	7,5	3	3,05
52	Sến mật	<i>Madhuca pasquieri</i> (Dubard) H.J.Lam	42,4	9	3	4,2
53	Phay	<i>Duabanga sonneratioides</i> Ham	50	11	3,5	4,3
54	Chò xốt	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	62,4	12	4	5,75
55	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	64	10	4,5	6,4
56	Dung	<i>Symplocos laurina</i> (Retz.) Wall. ex G. Don.	72,6	15,5	8,5	6,25
57	Lim xanh	<i>Erythrophleum fordii</i> Oliv.	54	9,5	4	7,25
58	Côm tàng	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A. Gray	32	7	2,5	3,3
59	Thông lông gà	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Blume) de Laub.	46,5	15,5	7,6	6,8
60	Kim giao	<i>Nageia wallichiana</i> (Presl) O.Ktze.	20,5	12,5	6,5	3,8
61	Lòng mang	<i>Pterospermum diversifolium</i> Blume	28,8	12	7	4,7
62	Vàng anh	<i>Saraca dives</i> Pierre	82,4	17	10,5	6,4
63	Thành ngạnh	<i>Cratoxylon cochinchinensis</i> (Lour.) Blume	38,2	8,5	3,5	4,65
64	Chân chim	<i>Schefflera lenticellata</i> Shang.	33,4	10,5	4,5	3,7
65	Vôi thuốc	<i>Schima wallichii</i> Choisy	34	12	5	4,2
66	Hồng tùng	<i>Dacrydium elatum</i> (Roxb.) Wall. ex Hook.	51,8	13	5	4,5
7. Quảng Nam (Vùng STLN Nam Trung Bộ)						
1	Sở đá nê pan	<i>Saurauia napaulensis</i> DC.	14,6	14,5	11,5	2,9
2	Bình bát nước	<i>Annona glabra</i> L.	19,3	8,0	4,0	3,7
3	Sở đá hoa thân	<i>Saurauia tristyla</i> DC.	19,5	12,5	9,5	4,2
4	Chò nhai	<i>Anogeissus acuminata</i> (Rob. ex DC.) Wall. ex Guillem. & Perr.	29,3	14,5	6,6	7,8
5	Pơ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A.Henry & H.H.Thomas	63,8	13,0	9,0	4,4
6	Kha tử	<i>Terminalia chebula</i> Retz.	45,2	18,6	7,8	8,5

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1,3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
7	Dâu da đất	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.	15,5	6,0	1,0	3,6
8	Chiêu liên ổi	<i>Terminalia corticosa</i> Pierre ex Laness.	46,5	12,5	5,5	6,8
9	Lá nèn	<i>Macaranga denticulata</i> Müll.Arg.	20,7	8,0	5,0	3,9
10	Mọ	<i>Deutzianthus tonkinensis</i> Gagnep.	9,1	7,0	3,0	4,2
11	Đỉnh hùng bắc	<i>Gomphostemma chinense</i> Oliv.var. <i>cauliflorum</i> C.Y.Wu	10	10,5	6,5	3,3
12	Pơ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	40,5	9,5	6,5	10,3
13	Rối Mật	<i>Garcinia celebica</i> L.	42,6	10,8	2,5	10,1
14	Gội nâu tro	<i>Aglaia cinerea</i> King	11,6	6,6	3,0	3,9
15	Da hình sóng	<i>Allomorphia sulcata</i> C.Hans.	21,4	9,3	4,0	4,3
16	Mình điền lá không cuống	<i>Medinilla assamica</i> (C.B.Clarke) C.Chen	73,2	20,3	7,6	10,6
17	Đa chai	<i>Ficus callosa</i> Willd.	30,2	14,4	9,4	5,5
18	Ngõa lông hoe nhỏ	<i>Ficus fulva</i> Reinw. ex Blume	18,5	11,6	4,8	4,5
19	Sung lá hẹp	<i>Ficus macilenta</i> King	15,6	5,6	2,5	6,5
20	Sung mũi	<i>Ficus subulata</i> Blume	48,1	12,6	8,6	7,6
21	Máu chó có lông nhung	<i>Knemapachycarpa</i> de Wilde	12,5	5,2	2,5	3,5
22	Đài khoai ít gân	<i>Aidia oxyodonta</i> var. <i>microdonta</i> (Pit.) Phamhoang	25,8	12,5	6,8	6,5
23	Gáo trắng	<i>Neolamarckia cadamba</i> (Roxb.) Bosser	28,3	18,3	6,9	3,5
24	Ba chạc	<i>Melicope pteleifolia</i> (Champ. ex Benth.) T.G.Hartley	10,5	6,5	3,1	4,5
25	Bưởi bung ít gân	<i>Macclurodendron oligophlebia</i> (Merr.) T.G.Hartley	35,1	14,5	7,6	5,6
26	Dầu dầu mặt dưới lá có tuyến đỏ	<i>Tetradium daniellii</i> (Benn.) T.G.Hartley (syn. <i>Euodia sutchuenensis</i> Dode)	29,6	12,6	8,8	8,9
27	Ngây hương	<i>Rubus cochinchinensis</i> Tratt.	20,1	16,6	11,1	8,8
28	Vải rừng	<i>Nephelium melliferum</i> Gagnep.	48,1	15,6	6,5	7,5
29	Giáng Hương Ấn	<i>Pterocarpus indicus</i> Willd	47,5	10,6	4,8	8,9
30	Thông tre	<i>Podocarpus neriifolius</i> var.	25,9	10,3	4,8	5,5

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
	lá vừa	<i>annamiensis</i> (N.E.Gray) L.K.Phan				
31	Hoa quăn	<i>Helicia formosana</i> var. <i>oblanceolata</i> Sleumer	41,5	7,9	1,8	5,6
32	Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i> Planch.	46,6	10,5	4,1	10,5
33	Lá han nhỏ	<i>Laportea thorelii</i> Gagnep.	10,1	6,6	2,4	3
34	Hồng tùng	<i>Dacrydium elatum</i> (Roxb.) Wall. ex Hook.	20,5	14,1	4,9	8,2
35	Côm bắc bộ	<i>Elaeocarpus tonkinensis</i> DC.	40,9	11,9	7,7	8,2
36	Dầu dầu lá đơn	<i>Euodia simplicifolia</i> Ridl.	13,5	7,6	5,5	4,5
37	Trắc bàm bàm	<i>Dalbergia dyeriana</i> Prain ex Harms	21,4	16,8	6,1	5,5
38	Thị đà nằng	<i>Diospyros touranensis</i> Lecomte	7,5	4,8	2,6	2
39	Mộc lan hương	<i>Magnolia albosericea</i> Chun & C.H.Tsoong	8,6	5,6	3,5	3,5
40	Trâm lá cà ná	<i>Callophyllum polyanthum</i> Wall. &Choisy	14,8	8,6	5,1	4,5
41	Dẻ gai yên thế	<i>Castanopsis aff. boisii</i> Hickel & Camus	9,6	8,4	2,6	3,6
42	Quế ô đước	<i>Cinnamomum curvifolium</i> (Lour.) Nees	6,8	4,3	3,5	2,8
43	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	21,1	9,6	3,7	4,4
44	Trâm hương	<i>Aquilaria crassna</i> Pierre ex Lecomte	31,6	20,0	7,1	4,3
45	Sung rừng	<i>Ficus heteropleura</i> Blume	18,3	11,5	5,5	4
46	Sơn	<i>Toxicodendron succedaneum</i> (L.) Kuntze	27,6	15,5	6,2	5,7
47	Lòng mang	<i>Pterospermum pierrei</i> Hance	21,7	15,0	7,7	4
48	Màng tang	<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	17,9	13,5	5,9	4,9
49	Mít rừng	<i>Artocarpus chaplasha</i> Roxb.	32,1	18,5	4,3	5,8
50	Kim giao núi đất	<i>Nageia wallichiana</i> (C. Presl) Kuntze	20,8	8,5	6,1	5,5
8. Lâm Đồng (Vùng STLN Tây Nguyên)						
1	Thông nằng	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Blume) de Laub.	93,9	17	9	10,25
2	Thông tre	<i>Podocarpus neriifolius</i> D. Don	23,9	15	11	5,75
3	Thông Đà Lạt	<i>Pinus dalatensis</i> de Ferre	27,0	16	10	5,75

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
4	Thông lá dẹt	<i>Pinus krempfii</i> Lecomte	28,6	17	14	4,75
5	Thích 7 gân	<i>Acer heptaphlebium</i> Gagnep.	25,4	16	14	4,75
6	Sổ đã trung bộ	<i>Saurauia griffithii</i> Dyer var. <i>annamica</i> Gagnep.	23,8	14	11	5,5
7	Thôi ba	<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Rehd.	20,7	13	9	5,25
8	Tô hạp TQ	<i>Altingia chinensis</i> (Champ. ex Benth.) Oliv ex Hance	17,5	11	8	4,75
9	Sau sau	<i>Liquidambar formosana</i> Hance	30,2	14	9	6,75
10	Nóng sở	<i>Saurauia tristyla</i> A. DC.	35,3	19	15	6,25
11	Mà ca thái lan	<i>Buchanania siamensis</i> Miq.	30,2	17	14	5,5
12	Lát xoan	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt & Hill	22,2	14	9	5,75
13	Sấu	<i>Dracontomelum duperreanum</i> Pierre	44,5	20	15	7,25
14	Cóc rừng	<i>Spondias pinnata</i> (Koenig et L.f.) Kurz	20,7	14	9	6,75
15	Sơn rừng	<i>Toxicodendron succedanea</i> (L.) Mold.	73,2	14	6	5,75
16	Nhọc đen lá to	<i>Polyalthia lauui</i> Merr.	9,5	11	5	3,5
17	Dền	<i>Xylopia vielana</i> Pierre	7,9	12	7,5	5
18	Chân chim tám lá	<i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms	6,3	9	6	3,75
19	Cáng lò	<i>Betula alnoides</i> Ham.	10,1	11,5	7	3,5
20	Gạo hoa đỏ	<i>Bombax ceiba</i> L.	11,1	12	8	4
21	Trám trắng	<i>Canarium album</i> (Lour.) Raeusch.	14,3	12	8	4,25
22	Gỗ đỏ	<i>Azelia xylocarpa</i> (Kurz) Craib	6,3	14	9	4,75
23	Giềng giềng	<i>Butea monosperma</i> (Lamk.) Taub.	14,3	12	7,5	5,25
24	Bồ kết	<i>Gleditsia rolfei</i> Vidal	13,3	17	7	5,25
25	Hoàng linh	<i>Peltophorum dasyrrhachis</i> (Miq.) Kurz	20,7	13	8	4,75
26	Vàng anh	<i>Saraca indica</i> L.	14,3	11	7	4,25
27	Muồng đen	<i>Sena siamea</i> Lamk.	11,4	12	8	5,5
28	Gụ mật	<i>Sindora siamensis</i> Teijsm. et Miq.	3,1	7,1	6,5	3,1
29	Du sam	<i>Keteleeria evelyniana</i> Mast.	51,5	14,2	8,2	7,3

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1,3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
	núi đất					
30	Me	<i>Tamanindus indica</i> L.	7,9	10	6	4,25
31	Bứa	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ.	11,1	11	8	4,75
32	Chò nhai	<i>Anogeisus acuminata</i> (Roxb. ex DC.) Wall.	12,7	9	7	6
33	Sổ trứng	<i>Dillenia ovata</i> Wall. ex Hook. f. et Thwaites	14,3	14	11	4,25
34	Lọng bàng	<i>Dillenia turbinata</i> Fin. & Gagnep.	14,3	12	9	4,5
35	Thông đồ lá dài	<i>Taxus wallichiana</i> Zucc.	17,5	15	11	5,5
36	Dầu hasselt	<i>Dipterocarpus hasseltii</i> Blume	7,9	11	9	3,75
37	Dầu trà beng	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	7	10	7	4
38	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	14,3	14	10	4,75
39	Cà chắc	<i>Shorea obtusa</i> Wall.	15,9	13	8	3
40	Thị rừng lá nhỏ	<i>Diospyros buxifolia</i> (Blume) Hieron.	21,8	10	5	5,5
41	Côm tàng	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A.Gray	7,9	9	7	3,75
42	Dán mặt, Cáp mộc	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre ex Laness.) W. W. Smith	14,3	12	9	4
43	Lưỡi nai lá to	<i>Itea macrophylla</i> Wall.	8,5	11	7	5,25
44	Đa hương lá nguyên	<i>Polyosma integrifolia</i> Blume	22,2	14	11	4,25
45	Chòi mòi collet	<i>Antidesma colletii</i> Craib	23,8	16	12	5,5
46	Thầu tấu lá tròn	<i>Aporosa aff. sphaerosperma</i> Gagnep.	11,1	12	9	4,75
47	Dâu da đất	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.	14,3	14	9	5
48	Nhội	<i>Bischofia javanica</i> Blume	11,4	11	7	3,25
49	Đỏm gai	<i>Bridelia balansae</i> Tutch	17,1	12	8	4,25
50	Kháo vàng	<i>Machilus bonii</i> H. Lec.	12,7	11	7	4,5
51	Dạ nâu	<i>Chaetocarpus castanocarpus</i> (Roxb.) Thw.	19,1	12	8	4,15
52	Vạng trứng	<i>Endospermum chinense</i> Benth.	88,2	12	8	7,75
53	Mít ma	<i>Genonium multiflorum</i> Juss	9,5	11	7	4
54	Lá nển	<i>Macaranga denticulata</i> (Blume) Muell.Arg.	20,7	13	8	5,25

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1,3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
55	Săng bù	<i>Macaranga kurzii</i> (Kuntze) Pax & Hoffm.	14,3	11	6	3,25
56	Cắm lai	<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble ex Prain	15,9	11,5	7	4,25
57	Dẻ gai sau lá bạc	<i>Castanopsis argyrophylla</i> King ex Hook.f.	19,1	14	9	4
58	Cà ổi gai nhiều	<i>Castanopsis ferox</i> Spach	7,9	10	5	3,25
59	Sồi lá mác	<i>Lithocarpus braianensis</i> A. Cam.	14,6	14	9	3,5
60	Sồi đá sừng, Sồi ghè	<i>Lithocarpus corneus</i> (Lour.) Rehder	14,3	11	7	4
61	Sồi hương	<i>Lithocarpus sphaerocarpus</i> (Hickel & A. Camus) A. Camus	21,3	10	6	4,5
62	Sồi đá lỗ	<i>Lythocarpus fenestratus</i> (Roxb.) Rehd.	11,1	11	6	3
63	Dẻ cau lá mỏng	<i>Quercus blakei</i> Skan.	11,4	15,5	13,5	4,4
64	Dẻ sa pa	<i>Quercus chapaensis</i> Hickel & A. Camus	24,9	17,5	16,5	3,5
65	Sồi gân phẳng	<i>Quercus kerrii</i> Craib	8,7	12,5	11,5	4,4
66	Dẻ cau lang bian	<i>Quercus langbianensis</i> Hick. & Cam.	23,7	9,0	7,0	4,3
67	Thành ngành nam	<i>Cratoxylum cochinchinensis</i> Bl.	22,5	13,0	10,0	4,0
68	Đỏ ngọn	<i>Cratoxylum pruniflorum</i> (Kurz) Kurz	11,4	17,5	14,5	3,7
69	Giổi xanh	<i>Michelia mediocris</i> Dandy	22,8	11,5	9,5	3,5
70	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	13,6	14,5	12,5	3,6
71	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance	20	16,5	15,5	3,5
72	Chẹo trắng	<i>Engelhardtia roxburghiana</i> Lindl er Wall.	15,7	10,0	8,0	4,2
73	Kháo lá mũi giáo	<i>Phoebe lanceolata</i> (Nees) Nees	15,5	11,0	8,0	3,7
74	Kháo suối	<i>Neolitsea umbelliflora</i> Bl	14,5	19,5	16,5	3,4
75	Đại phong tử gai	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	10,5	15,5	14,5	3,8
76	Nang trứng	<i>Hydnocarpus anthemintica</i> Pierre	20,1	18,0	15,0	3,4
77	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	22,9	11,5	9,5	5,0
78	Giổi xanh	<i>Michelia mediocris</i> Dandy	21,1	18,5	17,5	4,7
79	Quế lợn	<i>Cinnamomum iners</i> Reinw.	19,7	14,0	11,0	4,0

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
80	Phay sừng	<i>Duabanga grandiflora</i> (Roxb.ex DC.) Walp.	23,5	18,5	16,5	4,3
81	Re gừng	<i>Cinnamomum obtusifolia</i> Nees	13,7	14,5	12,5	3,8
82	Quế rừng	<i>Cinnamomum soncaurium</i> (Ham.) Kosterm.	18,9	11,0	10,0	3,2
83	Pơ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	30,5	10,3	4,5	5,3
84	Lòng trứng	<i>Lindera racemosa</i> H.Lec	8,4	12,0	9,0	3,5
85	Phân mã poilane	<i>Archidendron poilanei</i> (Kosterm.) I. Nielsen	17,3	18,5	15,5	4,2
86	Màng tang	<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	23,7	9,0	7,0	4,3
87	Bời lời nhót	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. B. Rob.	22,5	13,0	10,0	4,8
88	Bạch tùng	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Blume) Laubenf.	22,8	10,2	7,5	7,7
9. Gia Lai (Vùng STLN Tây Nguyên)						
1	Ba bét	<i>Mallotus paniculatus</i> (Lam.) Muell.-Arg	28,6	8,1	8,5	3,7
2	Ba chạc	<i>Melicope pteleifolia</i> (Champ. ex Benth.) T.G.Hartley	20,4	12,6	8,5	5,0
3	Ba soi	<i>Macaranga denticulata</i> (Blume) Muell.-Arg.	27,3	14,6	8,5	3,5
4	Bạch tùng	<i>Dacrycarpus imbricatus</i> (Blume) Laubenf.	19,5	14,1	9,0	3,7
5	Bồ cu vẽ	<i>Breynia indosinensis</i> Beill.	18,4	7,1	3,0	4,3
6	Bồ đề	<i>Styrax annamensis</i> Guill.	30,1	11,1	5,0	4,5
7	Bời lời dài	<i>Litsea elongata</i> (Nees.) Benth. & Hook.f	17,3	7,1	2,0	4,7
8	Bời lời giấy	<i>Litsea monopetala</i> (Roxb.) Pers.	34,6	13,1	7,0	3,7
9	Bời lời nhót	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C.B. Rob.	34,3	13,6	7,5	3,7
10	Bời lời vòng	<i>Litsea verticillata</i> Hance.	31,6	16,1	12,0	3,2
11	Bộp	<i>Actinodaphne pilosa</i> (Lour.) Merr.	21,3	8,1	3,0	3,8
12	Du sam núi đất	<i>Keteleeria evelyniana</i> Mast.	30,5	10,5	7,0	6,5
13	Trâm đồ	<i>Syzygium zeylanicum</i> (L.)	21,7	10,6	6,5	3,7
14	Bứa lá nhỏ	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ. Ex Benth	23,1	7,6	3,5	3,8
15	Bứa lá to	<i>Garcinia fusca</i> Pierre	29,2	13,1	9,0	4,0
16	Bùi	<i>Ilex cymosa</i> Bl.	25,7	9,6	3,5	3,2

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
17	Búi lửa	<i>Mastixia arborea</i> Wight. C.B Cl.	34,9	11,1	6,0	4,4
18	Bưởi bung	<i>Acronychia pedunculata</i> (L.) Miq	23,2	15,1	10,0	3,7
19	Cà di xoan	<i>Lyonia ovatifolia</i> (Wall.) Drude.	29,7	10,1	5,0	4,3
20	Cà đuối	<i>Dehaasia annamensis</i> Kost.	19,2	13,1	8,0	3,7
21	Cách	<i>Premna cumingiana</i> Shau.	26,1	6,6	0,5	4,3
22	Cám	<i>Parinari annamensis</i> (Hance) J.E. Vidal	31,7	11,6	6,5	4,2
23	Cánh kiến	<i>Mallotus philippensis</i> (Lam.) Muell.-Arg.	11,5	6,1	7,0	5,9
24	Chắc khế	<i>Dysoxylum</i> sp2.	20,2	9,1	10,0	5,0
25	Chàm phượng	<i>Indigofera zollingeriana</i> Miq.	16,4	7,1	8,0	4,7
26	Chân chim	<i>Schefflera lenticellata</i> Shang.	23,1	11,6	11,5	5,9
27	Chanh óc	<i>Microdesmis caseariaefolia</i> Planch. ex Hook.	19,7	16,1	16,0	6,5
28	Chấp xanh lá to	<i>Beilschmiedia ferruginea</i> Liouho.	20,1	12,1	12,0	5,6
29	Chây	<i>Palaquium annamensis</i> Lec.	23,9	10,1	10,0	5,4
30	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance.	16,6	8,1	9,0	5,8
31	Chò vảy	<i>Dysoxylum mollissimum</i> Blume	23,8	7,1	6,0	5,7
32	Chò xót	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	24,6	10,1	10,0	5,8
33	Chôm chôm rừng	<i>Nephelium hypoleucum</i> Kurz.	26,6	16,6	16,5	6,2
34	Cóc rừng	<i>Spondias pinnata</i> (L.f.) Kurz	13,2	13,6	14,5	6,3
35	Côm	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A. Gray	24,8	15,6	15,5	5,3
36	Còng tía	<i>Calophyllum calaba</i> L. var <i>bracteatum</i> Stevens.	24,4	7,6	8,5	5,8
37	Đa hương	<i>Polyosma annamensis</i> Gagnep.	20,8	8,6	9,5	6,4
38	Đâu da đất	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.	17,4	11,6	11,5	5,1
39	Đẻ gai lá nhỏ	<i>Castanopsis acuminatissima</i> (Bl.) A.DC.	19,5	8,1	8,0	5,0
40	Đẻ lỗ	<i>Lithocarpus fenestratus</i> (Roxb.) Rehd.	12,2	15,1	14,0	6,5
41	Dung	<i>Symplocos atriolivacea</i> Merr. & Chun.ex Li.	24,9	7,1	6,0	5,5
42	Gáo	<i>Neolamarckia cadamba</i> (Roxburgh) Bosser	16,1	15,6	16,5	6,5

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
43	Giổi ăn hạt	<i>Michelia tonkinensis</i> A.Chev	9,4	10,6	11,5	6,0
44	Giổi xanh	<i>Michelia mediocris</i> Dandy	20,7	11,1	11,0	5,9
45	Gội nếp	<i>Aglaia spectabilis</i> (Miq.) Jain et Bennet.	17,4	12,1	11,0	4,9
46	Gội nước	<i>Aphanamixis polystachya</i> (Wall.) J.N. Parker	13,1	14,6	13,5	4,4
47	Kháo	<i>Machilus parviflora</i> Meisn.	15,7	13,6	13,5	5,9
48	Lát hoa	<i>Chukrasia tabularis</i> A. Juss.	23,4	13,1	12,0	5,7
49	Lồng mang	<i>Pterospermum pierrei</i> Hance	12,1	8,1	7,0	5,4
50	Màng tang	<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	21,5	17,5	12,5	5,5
51	Máu chó	<i>Knema globularia</i> (Lam.) Warb.	20,1	18,0	15,0	5,4
52	Mít rừng	<i>Artocarpus chaplasha</i> Roxb.	20,8	12,0	9,0	5,2
53	Mỡ	<i>Manglietia chevalierii</i> Dandy.	17,7	18,0	13,0	4,2
54	Mò lông	<i>Cryptocarya ochracea</i> Lecomte	11,9	17,0	13,0	4,3
55	Muồng ràng ràng	<i>Adenanthera microsperma</i> Teijsm. et Binn.	14,7	15,5	10,5	5,7
56	Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i> Planch.	22,9	17,0	12,0	5,7
57	Nhội tía	<i>Bischofia javanica</i> Blume	12,1	14,0	9,0	5,3
58	Quế lá nhỏ	<i>Cinnamomum</i> sp.	23,3	19,0	14,0	5,3
59	Re bầu	<i>Cinnamomum bejolghota</i> (Buch.-Ham.) Sweet	11,8	11,0	7,0	5,2
60	Hồng tùng	<i>Dacrydium elatum</i> (Roxb.) Wall. ex Hook.	16,9	10,5	7,5	4,7
61	Rơ đề trường sơn	<i>Rehderodendron truongsonense</i> P.W.Fritsch, W.B.Liao & W.Y.Zhao	18,3	10,5	5,5	4,4
62	Săng máu	<i>Horsfieldia amygdalina</i> (Wall.) Warb.	9,4	18,5	13,5	5,8
63	Sến đất	<i>Sarcosperma kontumense</i> Gagnep. ex Aubrév.	14,9	14,0	9,0	5,7
64	Sồi phẳng	<i>Castanopsis cerebrina</i> Hickel & A. Camus	19,4	18,0	14,0	5,5
65	Sơn	<i>Toxicodendron succedaneum</i> (L.) Kuntze	10,6	15,5	11,5	4,7
66	Sung rừng	<i>Ficus heteropleura</i> Blume	9,3	14,0	11,0	5,7
67	Tân bồi lờ	<i>Neolitsea cambodiana</i> Lecomte	13,7	11,5	7,5	5,4
68	Thầu tẩu	<i>Aporosa dioica</i> (Roxb.) Muell.-Arg.	14,5	10,0	7,0	5,0

TT	Tên Việt Nam	Tên Khoa học	$\bar{D}_{1.3}$	$\bar{H}_{vn}$	$\bar{H}_{dc}$	$\bar{D}_t$
69	Thị rừng	<i>Diospyros cauliflora</i> Blume	11,6	9,5	5,5	5,3
70	Thôi ba	<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Harms.	24	18,5	14,5	5,9
71	Thông tre	<i>Podocarpus neriifolius</i> D. Don	27	9,0	6,0	4,6
72	Trắc	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	19,2	11,5	8,5	5,8
73	Trầm hương	<i>Aquilaria crassna</i> Pierre ex Lecomte	15,9	10,5	6,5	5,5
74	Trám trắng	<i>Canarium album</i> (Lour.) Raeusch.	19,4	18,5	13,5	4,6
75	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wall. ex Wight et Arn	15,3	10,5	6,5	6,3
76	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	24,8	10,5	7,5	5,9
77	Vàng trứng	<i>Endospermum chinense</i> Benth.	25,7	17,0	12,0	4,9
78	Vôi	<i>Eugenia jambolana</i> Lam.	6,8	11,2	12,0	3,6
79	Xoài rừng	<i>Mangifera cochinchinensis</i> Engl.	5,5	11,7	12,5	5,1
80	Xoay	<i>Dialium cochinchinense</i> Pierre .	13,3	15,7	16,5	4,3
81	Mít rừng	<i>Artocarpus chaplasha</i> Roxb.	16,6	13,2	13,0	5,0
82	Nhội tía	<i>Bischofia javanica</i> Blume	5,1	8,7	9,5	3,6
83	Đỉnh tùng	<i>Cephalotaxus mannii</i> Hook. f.	19,6	14,2	13,0	4,3
84	Cù đề	<i>Breynia vitis-idaea</i> (Burm.f.) C.Fisch.	17,2	13,2	12,0	4,5
85	Đỏm gai	<i>Bridelia tomentosa</i> Blume.	9,9	14,7	14,5	3,9
86	Pơ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	13,3	10,7	10,5	4,5
87	Xăng mã	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	11,5	17,7	16,5	4,8
88	Dẻ gai lá nhỏ	<i>Castanopsis acuminatissima</i> (Bl.) A.DC.	14,5	13,7	12,5	3,9
89	Kha thụ nguyên	<i>Castanopsis pseudoserrata</i> Hick. & A. Cam.	20,8	10,2	9,0	3,2
90	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt. et Hill	18,5	13,2	12,0	4,4
91	Cọng tía	<i>Calophyllum saigonense</i> Pierre	5,7	11,2	10,0	3,9
92	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	29,2	16,2	16,0	3,7

Ghi chú: $\bar{D}_{1.3}$ (Đường kính ngang ngực trung bình); $\bar{H}_{vn}$ (Chiều cao vút ngọn trung bình); $\bar{H}_{dc}$ (Chiều cao dưới cành trung bình); $\bar{D}_t$ (Đường kính tán trung bình)

Phụ lục 3

CÔNG THỨC TỔ THÀNH TÀNG CÂY CAO Ở CÁC Ô TIÊU CHUẨN TẠI CÁC SINH CẢNH RỪNG NƠI CÓ LOÀI XÁ XỊ PHÂN BỐ

TT	Số hiệu OTC	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	$\bar{D}_{bh}$ (cm)	Công thức tổ thành	Toạ độ (°N, °E)
1. Hòa Bình (KBTTN Thượng Tiến đại diện cho Vùng STLN Tây Bắc)						
1	OTC1	490	44,17	28,79±6,32	40,01M + 23,77Dgln + 10,95Tmq + 6,92Sdc + 18,35Lk	20,6656; 105,4295
2	OTC2	530	28,85	25,22±7,64	30,64M + 18,27Tmq + 16,10Dgln + 8,85Pm + 8,06Sđ + 18,08Lk	20,6354; 105,4256
3	OTC3	530	23,42	22,73±8,84	32,20M + 21,99Tmq + 10,13Dgln + 7,62Sđ + 6,44Sdc + 5,66Tra + 5,63Vh + 10,34 Lk	20,6406; 105,4539
4	OTC4	570	25,58	22,95±6,73	28,11Dgln + 26,73M + 11,95Tmq + 9,41Pm + 7,02Sđt + 16,79Lk	20,6278; 105,4408
5	OTC5	540	21,33	21,32±7,01	43,38Dgln + 11,40M + 6,75Tra + 6,52Dl + 5,69Sdc + 26,26Lk	20,6233; 105,4771
6	OTC6	540	32,26	26,32±8,92	23,89Dgln + 13,79M + 13,25Tmq + 8,22Sdc + 7,36Dl + 7,01Lx + 6,05Tt + 5,97Pm + 14,46Lk	20,6296; 105,4801
7	OTC7	630	41,33	28,17±6,99	24,47M + 22,52Dgln + 16,77Tmq + 9,69Pm + 26,55Lk	20,6076; 105,4342
8	OTC8	540	26,29	25,19±7,43	23,21Tmq + 22,00M + 14,29Dgln + 9,09Pm + 5,87X + 5,19Bb + 5,19Sđ + 15,17Lk	20,6076; 105,4342
9	OTC9	500	30,19	29,41±7,49	41,14Dgln + 25,18M + 16,66Tmq + 5,17Tt + 11,85Lk	20,6483; 105,5002
10	OTC10	510	29,9	26,55±6,88	23,33M + 21,83Tmq + 17,73Dgln + 12,26X + 5,27Sđ + 19,58Lk	20,6317; 105,5237
11	OTC11	540	32,72	26,82±7,56	32,55M + 17,06Tmq + 12,42Dgln + 8,58Sđt + 29,39Lk	20,6351; 105,4765
12	OTC12	660	31,6	23,67±7,89	25,32Dgln + 19,47Tmq + 16,33M + 5,71Sđt + 5,14 Sdc + 28,04Lk	20,6623; 105,4997
Ghi chú: Bb: Bông bạc; Dgln: Dg lá nhỏ; Dl: Dẻ lỗ; M: Mỡ; Lx: Lim xẹt; Pm: Pơ mu; Tmq: Táu mặt quỷ; Tra: Trâm trắng; Sđt: Sồi đầu to; Sdc: Sồi đầu cứng; Vh: Vù hương; X: Xá xị; Sđ: Sao đen; Tt: Trúc tiết; LK: Loài khác.						
2. Phú Thọ (VQG Xuân Sơn đại diện cho Vùng STLN Đông Bắc)						
1	OTC1	550	52,98	30,28±11,7 6	16,03M + 9,47Ng + 8,72S + 7,71Va + 6,88X + 6,12Mc + 6,08Mn + 5,49So	21,1337; 104,9393

TT	Số hiệu OTC	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	$\bar{D}_{bh}$ (cm)	Công thức tổ thành	Toạ độ (°N, °E)
					+ 5,24D + 5,13Cc + 23,12Lk	
2	OTC2	540	30,79	27,49±8,39	25,24M + 22,14D + 16,78Tmq + 5,67Pm + 30,18Lk	21,1477; 104,8876
3	OTC3	500	20,51	21,25±8,89	21,98M + 16,20D + 8,13Tmq + 6,83Dg + 6,42Soi + 5,51X + 5,38Tr + 5,16So + 24,39Lk	21,1406; 104,9068
4	OTC4	550	20,19	20,94±6,44	25,82M + 23,76D + 14,23Tmq + 7,87Pm + 5,92Sđ + 22,40Lk	21,103873; 104,92795 8
5	OTC5	530	29,89	25,64±6,73	27,39M + 25,71D + 14,54Tmq + 5,96Pm + 26,40Lk	21,1275; 104,9496
6	OTC6	530	23,61	23,32±6,99	29,52M + 14,95Tmq + 14,25D + 9,50Pm + 8,61Xn + 7,57Sdc + 6,09Soi + 9,51Lk	21,1916; 104,8971
7	OTC7	560	28,66	26,79±6,38	45,50M + 19,34D + 11,29Tmq + 9,46Sdc + 14,41Lk	21,1919; 104,8895
8	OTC8	500	24,88	18,83±5,98	23,22M + 20,17D + 12,91Pm + 9,02Tmq + 7,21Vh + 5,17Sđ + 22,29Lk	21,1945; 104,8939
9	OTC9	530	20,09	21,12±9,85	24,72M + 21,39D + 17,32Tmq + 7,88Pm + 5,93Sđ + 22,76Lk	21,1680; 104,9152
10	OTC10	540	27,35	29,97±8,68	26,13M + 21,44D + 9,47Tmq + 7,44Sđt + 6,91Pm + 28,61Lk	21,1559; 104,9253
11	OTC11	540	16,94	19,64±7,56	30,27M + 22,01D + 13,24Tmq + 6,50X + 5,13Sdc + 22,85Lk	21,1545; 104,9348
12	OTC12	520	20,83	21,93±6,45	22,20D + 19,60M + 17,01Tmq + 8,82Pm + 8,7Sdc + 6,22X + 17,45Lk	21,1277; 104,9464
13	OTC13	510	17,31	18,82±8,35	24,98Tmq + 19,06D + 14,31M + 8,07X + 7,40Tt + 5,67Pm + 20,51Lk	21,1419; 104,9553

Ghi chú: Cc: Chò chỉ; D: Dẻ; Dg:Dg; M: Mỡ; Mc: Máu chó; Mn: Mắc niễng; Tmq: Tầu mặt quỷ; Pm: Pomu; Tt: Trúc tiết; Tr: Trám trắng; Tra: Trâm trắng; So: Sỏ; Sdc: Sồi dầu cứng; Sđ: Sao đen; Soi: Sồi; Vh: Vù hương; Ng: Ngát; S: Săng; Va: Vàng anh; X: Xá xí; Xn: Xoan nhừ; LK: Loài khác.

3. Vĩnh Phúc (VQG Tam Đảo đại diện cho Vùng STLN Đông Bắc)

1	OTC1	600	37,11	27,62±6,47	22,76D + 20,64Tmq + 13,93M + 7,93Sr + 7,54Tt + 5,62Sđ + 21,58Lk	21,4723; 105,5892
2	OTC2	590	27,78	22,82±7,08	31,10M + 17,57D + 8,88Pm + 8,35Tmq + 6,64X + 27,46Lk	21,4776; 105,6204
3	OTC3	530	66,13	39,17±7,63	30,59M + 14,90D + 12,10Tmq + 7,11Pm + 6,32Sđ + 5,52Bb + 23,47Lk	21,4803; 105,5917
4	OTC4	610	35,48	26,34±6,14	29,73M + 25,20Tmq + 16,33D + 6,36Sr + 22,38Lk	21,4501; 105,6275

TT	Số hiệu OTC	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	$\bar{D}_{bh}$ (cm)	Công thức tổ thành	Toạ độ (°N, °E)
5	OTC5	470	27,97	21,70±7,36	29,29M + 22,32D + 10,59Tmq + 6,13X + 6,08Sđt + 5,04Pm + 20,55Lk	21,4528; 105,6287
6	OTC6	530	34,79	26,46±9,99	20,83M+ 18,32Tmq + 13,21D + 10,80X + 6,44Pm + 30,40Lk	21,4349; 105,6219
7	OTC7	640	32,46	24,30±9,75	26,60M + 21,27D + 20,75Tmq + 6,22Vh+ 6,20Sdc + 5,41Sđt + 13,54LK	21,4249; 105,6347
8	OTC8	490	32,55	28,23±7,81	16,49M + 15,90Tmq + 15,35 Dẻ + 10,73Pm + 9,66 Sồi dầu cứng + 6,66X + 6,33Sđt + 18,87Lk	21,4221; 105,6286
9	OTC9	550	33,42	25,50±9,95	29,74M + 21,21 Dẻ + 7,71Tmq + 6,50Bb + 34,84Lk	21,4306; 105,6360
10	OTC10	530	36,9	28,27±7,53	31,84M + 14,74 Dẻ + 12,38Tmq + 9,89Pm + 5,60X + 25,54Lk	21,4419; 105,6351
11	OTC11	630	26,19	21,95±8,75	31,57M + 25,74 Dẻ + 5,43X + 37,26Lk	21,4478; 105,6445
12	OTC12	660	49,81	38,66±8,65	28,53M + 22,08 Dẻ + 17,46Tmq + 7,74 Trúc tiết + 5,58X + 18,61Lk	21,4522; 105,6598
13	OTC13	600	28,17	20,56±7,95	29,36M + 19,42D + 12,01Tmq + 7,04Sr + 5,47Tt + 26,69Lk	21,4649; 105,6333
14	OTC14	590	28,37	24,89±8,76	38,37M + 22,08D + 7,43Tmq + 32,13Lk	21,4740; 105,5971

Ghi chú: Bb: Bông bạc; D: Dẻ; M: Mỡ; Pm: Pomu; Sđ: Sao đen; Sdc: Sồi dầu cứng; Sđt: Sồi dầu to; Sr: Sồi rẻ; Tmq: Táu mặt quỷ; Tt: Trúc tiết; Vh: Vù hương; X: Xá xị; LK: Loài khác.

4. Quảng Ninh (RQG Yên Tử đại diện cho Vùng STLN Đông Bắc)

1	OTC1	440	29,12	27,91±6,94	44,15M + 19,68Dgyt + 9,31Pm + 5,86Tmq + 20,99Lk	21,1462 106,7139
2	OTC2	500	18,5	20,36±6,93	25,80M + 19,02Tmq + 13,01Dgyt + 7,66X + 5,11Sđ + 29,41Lk	21,1459; 106,7152
3	OTC3	530	27,12	24,54±7,19	30,48M + 17,98Dgyt + 11,53Tmq + 7,49X + 7,27Pm + 23,68Lk	21,1464; 106,7216
4	OTC4	540	36,34	29,29±7,81	22,96Dgyt + 18,61M + 12,61Tmq + 7,44Tt + 36,65Lk	21,1555; 106,7222
5	OTC5	400	12,4	18,22±7,87	38,57M + 20,03Dgyt + 12,77Tmq + 8,98Pm + 19,64Lk	21,1418; 106,7161
6	OTC6	520	21,81	21,38±8,34	27,94Dgyt + 22,33M + 19,49Tmq + 10,33Sdc + 19,92Lk	21,1344; 106,7085
7	OTC7	490	20,76	22,32±6,88	33,91M + 13,62Tmq + 12,37Dgyt + 6,51Xn + 5,15Sđ + 28,44Lk	21,1486; 106,7050
8	OTC8	410	23,27	25,27±9,87	36,02M + 18,36Dgyt + 11,38Tmq + 6,26X + 5,77Pm + 22,20Lk	21,1556; 106,7331
9	OTC9	500	21,18	22,87±9,92	30,26Dgyt + 20,71M + 14,42Tmq + 5,90X + 25,91Lk	21,1456; 106,7257
10	OTC10	430	19,67	23,23±6,69	40,30Dgyt + 24,50M + 8,17Tmq + 6,28Sdc + 20,75Lk	21,1567; 106,7208

TT	Số hiệu OTC	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	$\bar{D}_{bh}$ (cm)	Công thức tổ thành	Toạ độ (°N, °E)
<i>Ghi chú: Dgyt: Dẻ gai Yên Thế; M: Mỡ; Pm: Pomu; Sđ: Sao đen; Sdc: Sồi dầu cứng; Tmq: Táu mặt quỳ; Tt: Trúc tiết; X: Xá xị; Xn: Xoan nhừ; LK: Loài khác.</i>						
5. Thanh Hóa (KBTTN Xuân Liên đại diện cho Vùng STLN Bắc Trung Bộ)						
1	OTC1	490	24,23	26,08±7,25	29,98Dg + 24,68M + 6,01Tmq + 5,63Tt + 33,70Lk	20,0071; 105,0744
2	OTC2	540	14,89	18,93±6,87	38,64Dg + 15,82M + 14,53Tmq + 5,56X + 25,45Lk	19,9932; 105,0717
3	OTC3	640	29,14	26,25±6,02	30,73M + 13,28Tmq + 10,97Dg + 6,51Vh + 5,00Sđt + 33,51Lk	19,9926; 105,0574
4	OTC4	530	25,71	26,03±8,08	32,73M + 21,12Dg + 18,36Tmq + 5,04Bb + 22,74Lk	19,9856; 105,0297
5	OTC5	460	19,77	23,75±8,38	29,91M + 18,62Tmq + 7,40 Sồi + 6,41Dg + 37,66Lk	19,9767; 104,9994
6	OTC6	610	17,6	20,87±6,73	29,70M + 16,94Dg + 8,82Tmq + 6,00Tt + 5,76Pm + 5,62X + 27,15Lk	20,0329; 104,9868
7	OTC7	430	25,04	28,75±8,91	30,51M + 25,57Dg + 10,92Tmq + 8,34Xn + 24,66Lk	19,9788; 105,089
8	OTC8	550	25,26	25,52±7,85	30,91Tmq + 16,46M + 14,36Dg + 7,70Vh + 5,63Pm + 24,93Lk	19,9436; 105,0762
9	OTC9	540	17,07	20,85±6,95	29,49Dg + 22,21Tmq + 19,14M + 8,91Pm + 20,26Lk	19,9371; 105,0610
10	OTC10	440	16,09	21,87±7,96	30,50Tmq + 23,42M + 21,12Dg + 5,73Tt + 19,21Lk	19,9567; 105,0089
11	OTC11	540	25,72	23,24±13,0 3	20,67Tmq + 13,06M + 7,43Ck + 7,34X + 51,50Lk (Hỗn hợp các loài có giá trị IVI%>5% có tổng IVI=48,50%<50%, không có nhóm loài thực sự chiếm ưu thế trong OTC này)	20,0308; 105,0139
12	OTC12	650	34,68	24,41±16,0 7	19,69Tmq + 11,61Tm + 12,38X + 8,92Mc + 5,65Kv + 5,07B + 36,67Lk	19,9900; 105,0746
13	OTC13	500	32,53	30,55±12,7 2	10,82Lim + 9,57X + 5,19Ct + 70,30Lk (Hỗn hợp các loài có giá trị IVI%>5% có tổng IVI=29,7%<50%, không có nhóm loài thực sự chiếm ưu thế trong OTC này)	20,0584; 105,0651

TT	Số hiệu OTC	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	$\bar{D}_{bh}$ (cm)	Công thức tổ thành	Toạ độ (°N, °E)
14	OTC14	420	13,22	19,24±7,94	16,80X + 10,44Bl + 9,80Xg + 7,40Tb + 6,92Xn + 6,22Kv + 5,54Th + 5,53Xt + 31,36Lk	20,0018; 105,0155
15	OTC15	430	93,2	52,29±19,0 5	19,23Xt + 9,71Dg + 7,75Lh + 6,47Bđ + 5,88Cr + 5,08S + 45,88Lk	20,0141; 105,0056

Ghi chú: Bđ: Bạch đàn; Bb: Bông bạc; Blt: Bời lời lá tròn; B: Bứa; Ct: Cheo trắng; Cr: Chôm chôm rừng; Ck: Chua khét; Dg: Dẻ gai; Kv: Kháo vòng; Lh: Lát hoa; Lim: Lim xanh; Mc: Mầu cau; M: Mỡ; Pm: Pomu; S: Săng; Soi: Sỏi; Tmq: Táo mặt quỷ; Tm: Táo muối; Th: Thầu sầu; Tb: Thôi ba; Tt: Trúc tiết; Vh: Vù hương; X: Xá xị; Xg: Xẻn gai; Xn: Xoan nhừ; Xt: Xoan ta; LK: Loài khác.

6. Phú Yên (RPH Sông Hinh đại diện cho Vùng STLN Nam Trung Bộ)

1	OTC1	560	28,77	32,48±7,51	16,66Chx + 14,29X + 12,09Trv + 9,63Du + 9,35Sm + 6,63P + 31,33Lk	12,7967; 108,9973
2	OTC2	780	29,88	29,23±7,61	17,29Trv + 14,38Chx + 12,90Sm + 5,27Du + 5,19P + 44,98Lk	12,7895; 109,0161
3	OTC3	650	25,49	21,86±5,24	10,61Chx + 11,54X + 10,45Sm + 9,42Vt + 6,53X + 6,37Lx + 5,42Rg + 46,20Lk	12,7799; 109,0360
4	OTC4	550	23,79	26,02±7,71	21,22Trv + 17,66Chx + 9,16Sm + 8,57Du + 5,52Rg + 37,86Lk	12,7570; 109,0273
5	OTC5	590	25,37	23,90±5,98	15,96Trv + 11,27Sm + 7,37X + 5,94Du + 5,60P + 5,58Chx + 5,24Lim + 43,04Lk	12,8315; 109,0242
6	OTC6	540	18,89	12,24±7,85	16,50Sm + 12,51Chx + 7,75Trv + 7,47Du + 5,94P + 5,71 Ct + 49,83Lk	12,8311; 109,0448
7	OTC7	570	24,87	23,78±7,92	20,67Sm + 14,79Chx + 10,10P + 8,39X + 5,51Lim + 40,54Lk	12,8209; 109,0797
8	OTC8	570	26,78	32,72±6,59	16,36Sm + 12,19Chx + 10,94P + 7,05Trv + 6,12X + 47,34Lk	12,7789; 109,0608
9	OTC9	530	27,68	16,55±6,81	19,80Sm + 14,96P + 10,17Chx + 6,59X + 48,47Lk	12,8088; 109,0539
10	OTC10	600	24,95	23,72±7,95	14,41Du + 13,20Sm + 12,60Chx + 10,78P + 49,01Lk	12,8215; 109,0339

Ghi chú: Ct: Côm tàng; Chx: Chò xót; Du: Dung; Lim: Lim xanh; Lim: Lim xanh; Lx: Lim xẹt; P: Phay; Rg: Re gừng; Sm: Sến mật; Trv: Trâm với; Vt: Với thuốc; X: Xá xị; Lk: Loài khác.

7. Quảng Nam (RPH Tây Giang đại diện cho Vùng STLN Nam Trung Bộ)

1	OTC1	560	29,46	47,58±5,45	28,98Pm + 24,68Ht + 6,01Dđđ + 5,63Gt + 34,70Lk	15,8627; 107,3197
2	OTC2	610	24,82	19,93±5,87	36,67Pm + 17,82Gh + 13,53Ht + 6,56Gt + 25,42Lk	15,8561; 107,3215
3	OTC3	640	26,57	21,28±5,12	29,73Ht + 15,28 Dđđ + 10,85Pm + 6,71Trh + 5,10Gt + 32,33Lk	15,8547; 107,3064

TT	Số hiệu OTC	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	$\bar{D}_{bh}$ (cm)	Công thức tổ thành	Toạ độ (°N, °E)
4	OTC4	530	19,79	18,95±6,18	30,93Pm + 23,12 Ddd + 19,86Ht + 6,04Trh + 20,05Lk	15,8128; 107,2928
5	OTC5	560	21,98	19,29±6,83	29,91Pm + 18,62Ht + 7,40 Ddd + 6,41Gt + 37,66Lk	15,7688; 107,3306
6	OTC6	510	17,97	16,27±5,93	28,70Ddd + 19,94Ht + 7,92Gt + 6,57Chn + 5,56Pm + 5,12Trh + 26,19Lk	15,7660; 107,3355
7	OTC7	610	27,86	24,76±7,91	30,51Pm + 25,57Ddd + 10,92Ht + 8,34Gt + 24,66Lk	15,8097; 107,3411
8	OTC8	580	23,76	21,57±5,45	30,91Ht + 16,46Pm + 14,36 Ddd + 7,70Tht + 5,63Trh + 24,93Lk	15,8287; 107,3366
9	OTC9	640	25,89	26,85±7,15	27,49 Pm + 20,21Ddd + 16,14Ht + 8,51Gt + 27,65Lk	15,8216; 107,3373
10	OTC10	540	20,87	20,87±5,60	26,50Pm + 23,42Ht + 21,13 Ddd + 6,75Gt + 22,2Lk	15,8120; 107,3467

Ghi chú: Chn: Chò nhai; Ddd: Dâu da đất; Gt: Gáo trắng; Gh: Giáng hương; Ht: Hồng tùng; Pm: Pơ mu; Trh: Trầm hương; Tht: Thông tre; Lk: Loài khác.

8. Lâm Đồng (Vùng STLN Tây Nguyên)

1	OTC1	630	42,23	36,18±7,85	20,98Tđl + 19,68Tn + 11,01Tđld + 7,63Côm + 38,70Lk	11,8484; 108,4253
2	OTC2	610	30,89	35,25±6,82	18,64K + 15,82Dg + 10,53Gx + 6,56X + 48,45Lk	11,8427; 108,4264
3	OTC3	550	38,14	37,03±7,78	17,73K + 11,28Tđl + 10,97Dg + 6,71Gx + 5,45Tđld + 47,86Lk	11,8365; 108,4164
4	OTC4	630	40,71	25,35±6,88	19,73Dg + 11,12K + 10,36Gx + 5,24X + 5,01Tđld + 48,54Lk	11,8501; 108,4365
5	OTC5	560	28,77	27,19±7,83	25,01K + 16,62Tđl + 8,40 Côm + 6,11Tđld + 43,86Lk	11,8373; 108,4149
6	OTC6	650	31,69	25,75±7,98	25,70K + 11,92Tđl + 7,82Dg + 6,01Gx + 5,16Tđld + 5,02X + 38,91Lk	11,8569; 108,4291
7	OTC7	530	29,54	27,57±7,45	28,71Tđl + 20,57Dg + 11,92Côm + 9,34X + 29,46Lk	11,8499; 108,4239
8	OTC8	560	32,26	29,25±6,55	17,81K + 15,54Tđl + 11,21Dg + 6,42Côm + 5,74Gx + 43,28Lk	11,8516; 108,4322
9	OTC9	540	36,97	35,27±7,68	29,59Dg + 21,15Tđld + 17,24Gx + 8,71X + 23,31Lk	11,8597; 108,4338
10	OTC10	710	41,22	17,87±5,60	16,69K + 10,61Tđl + 9,38Dg + 8,92Côm + 5,45Gx + 5,17Tđld + 5,03X + 38,75Lk	11,8484; 108,4342
11	OTC11	640	35,72	31,24±7,93	21,68Tđl + 18,06K + 9,45Tđld + 7,33Gx + 5,27X + 38,21Lk	11,8497; 108,4285
12	OTC12	650	40,68	36,41±7,87	22,60K + 19,42Tđl + 8,14Dg + 5,73Côm + 44,11Lk	11,843508; 108,4267

Ghi chú: Côm: Côm tăng; Dg: Dẻ gai; Gx: Giỏi xanh; K: Kháo; Tđl: Thông Đà Lạt; Tđld: Thông đỏ lá dài; Tn: Thông nàng; X: Xá xị; Lk: Loài khác.

TT	Số hiệu OTC	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	$\bar{D}_{bh}$ (cm)	Công thức tổ thành	Toạ độ (°N, °E)
9. Gia Lai (Vùng STLN Tây Nguyên)						
1	OTC1	730	41,23	48,18±8,85	16,02Ht + 12,29Ct + 12,09Chx + 9,63Bt + 8,35Tđđ + 5,63X + 35,99Lk	14,5326; 108,4985
2	OTC2	710	31,89	35,13±8,97	15,29Ht + 13,38Chx + 12,90Ct + 5,27Đh + 5,19Tđ + 47,97Lk	14,5064; 108,5317
3	OTC3	650	39,14	37,25±7,82	13,61Chx + 11,54Bt + 9,45Ct + 8,42Ht + 6,53Tđ + 6,37X + 5,12Đh + 38,96Lk	14,4690; 108,5649
4	OTC4	830	41,71	45,08±11,8 3	19,22Ht + 15,66Bt + 9,16Ct + 6,57Chx + 5,52Tđ + 43,87Lk	14,4457; 108,5775
5	OTC5	680	29,77	35,15±7,81	15,96Ct + 11,27Ht + 7,37K + 5,94Đh + 5,60Tđ + 5,58Chx + 5,24X + 43,04Lk	14,4913; 108,5924
6	OTC6	750	32,69	22,19±7,78	17,50Ht + 13,51Bt + 6,75Ct + 6,47Tđ + 5,74K + 5,01Chx + 45,02Lk	14,525448; 108,5588
7	OTC7	630	31,54	33,15±8,58	21,67Ht + 13,79Chx + 11,10Ct + 8,39X + 6,71Bt + 38,34Lk	14,5326; 108,5270
8	OTC8	660	31,26	27,09±9,55	16,36Ct + 12,19Ht + 10,94Bt + 7,05Chx + 6,12X + 47,34Lk	14,4998; 108,6171
9	OTC9	640	35,07	39,25±7,55	19,80Ht + 14,96Ct + 10,17Bt + 6,59Chx + 48,47Lk	14,5011; 108,5480
10	OTC10	810	43,22	40,21±8,68	15,41Ct + 13,20Ht + 12,60Bt + 9,78Tđ + 49,01Lk	14,5261; 108,5209
11	OTC11	740	36,62	34,24±9,93	16,03Ht + 9,47Ct + 8,72Bt + 7,71Chx + 6,88Tđ + 6,12X + 6,08K + 5,49Đh + 5,24Gx + 28,26Lk	14,4791; 108,5991
12	OTC12	750	39,81	47,41±8,87	19,43Ht + 12,14Ct + 7,78Tđ + 5,67Pm + 5,61X + 5,42K + 43,95Lk	14,5146; 108,5527
13	OTC13	780	45,19	41,73±8,67	20,18Ct + 13,20Chx + 8,43Ht + 6,86Bt + 6,12Tđ + 5,11X + 5,08K + 35,02Lk	14,5415; 108,5347
14	OTC14	630	25,49	23,86±10,2 4	15,82Ht + 14,76Ct + 12,23Bt + 7,87Tđ + 5,12K + 44,20Lk	14,5067; 108,6154
15	OTC15	740	36,14	39,25±7,92	20,39Ht + 18,71Ct + 12,54Bt + 5,16Tđ + 43,20Lk	14,5415; 108,5876
<i>Ghi chú: Bt: Bạch tùng; Chx: Chò xót; Ct: Còng tía; Dh: Đa hương; Gx: Giỏi xanh; Ht: Hồng tùng; K: Kháo; Pm: Pơ mu; Tđ: Trâm đỏ; X: Xá xị; Lk: Loài khác.</i>						

Ghi chú: $\bar{D}_{bh}$: Đường kính ngang ngực trung bình; N (cây/ha): Mật độ cây/ha; G (m²/ha): Tổng tiết diện ngang của cây/ha;

Phụ lục 4
ĐẶC ĐIỂM CÁC LOÀI CÂY ĐI KÈM SỐNG CÙNG LOÀI XÁ XỊ TẠI 9 KHU
VỰC ĐẠI DIỆN CHO 5 VÙNG STLN VIỆT NAM

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
Quảng Ninh (Vùng STLN Đông Bắc)							
1	Bách xanh	<i>Calocedrus macrolepis</i> Kurz	3,5	21,2	16,3	8,5	6,5
2	Bứa	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ. ex Benth.	2,6	24,8	18,2	14,9	5,3
3	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance	7,5	28,1	15,2	6,2	6,6
4	Dẻ gai yên thế	<i>Castanopsis aff. boisii</i> Hickel & Camus	7,2	21,6	19,1	5,9	7,2
5	Gụ lau	<i>Sindora tonkinensis</i> A. Chev. ex K. & S. Larsen	5,1	20,7	16,1	9,1	6,7
6	Lim xanh	<i>Erythrophleum fordii</i> Oliv.	5,7	30,8	22,2	15,8	5,4
7	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	6,2	21,5	18,1	17,1	2,7
8	Rèn	<i>Grewia laurifolia</i> Hook. f. ex Mast	4,6	29,2	16	5,3	7,2
9	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.)	7,1	27,7	16	5,2	7,2
10	Sồi	<i>Quercus</i> spp.,	6,8	27,7	17,3	13,2	5,5
11	Táo mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	5,7	22,9	18,3	12,8	7,1
12	Thẩu tẩu	<i>Aporosa dioica</i> (Roxb.) Muell.-Arg.	3,6	28,6	18	6	6,4
13	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	3,2	30,2	16	4	7,1
14	Trứng gà	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. Moore & Stearn	4,2	26,7	18	16,5	8
15	Vạng trứng	<i>Endospermum chinense</i> Benth.	5,3	23,8	18	12,4	6,5
Vĩnh Phúc (Vùng STLN Đông Bắc)							
1	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance	5,2	20,7	9	5,1	4
2	Côm trâu	<i>Elaeocarpus floribundus</i> Blume	4,2	18,4	8	4,2	4,2
3	Dẻ gai yên thế	<i>Castanopsis aff. boisii</i> Hickel & Camus	4,5	18,2	10	6,1	5
4	Kháo xanh	<i>Cinnadenia paniculata</i> (Hook.f.) Kosterm.	5	19,1	9,5	5,2	4,6
5	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (D.C.) Backer ex K. Heyne	3,5	20,6	9	4,3	3,5
6	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	4,7	23,5	7,5	3,6	4,1
7	Re hương	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i>	5,9	21,5	7	3,5	5

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
		(Jack) Meisn.					
8	Sồi dầu cứng	<i>Fagus longipetiolata</i> Seemen	5,6	18,7	11	4,2	3,5
9	Sồi rẻ	<i>Belamcanda chinensis</i> (L.) DC.	4,6	18,6	11	4,6	3,8
10	Táo mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	5	18,9	12	5,1	4,5
11	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	5,2	20,5	7,8	3,8	6
12	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	4,8	19,5	9	4,2	5,4
13	Vải rừng	<i>Nephelium cuspidatum</i> Blume	3,5	14,8	13	6,2	3,4
14	Vù hương	<i>Cinnamomum balansae</i> Lecomte	4,2	21,5	12	6,1	5,3
15	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.)	6,5	18,3	11	5,8	3
Phú Thọ (Vùng STLN Đông Bắc)							
1	Côm	<i>Elaeocarpus varunua</i> Buch.	1,5	15,1	9,5	4,2	3,2
2	Dẻ gai Phú Thọ	<i>Castanopsis phuthoensis</i> Luong	5,6	38,6	17,2	13,5	7,1
3	Gội nếp	<i>Aglaia spectabilis</i> Miq.	1,6	20,1	15,3	4,2	3,3
4	Chò chỉ	<i>Parashorea chinensis</i> H. Wang	3,1	17,5	11,2	8,5	2,2
5	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (D.C.) Backer ex K. Heyne	3,5	17,6	14,5	5,7	3,5
6	Trám đen	<i>Canarium tramdenum</i> Dai & Ykovl.	4,1	53,5	11,8	8,1	4,2
7	Máu chó	<i>Knema globularia</i> Lam	5,3	38,2	17,9	4,8	3,9
8	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	6,5	21,8	19,1	16,1	2,9
9	Móng bò hoa đỏ	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	9,8	23,1	19,1	11,5	4,6
10	Nái	<i>Oreocnide frutescens</i> (Thunb.) Miq.,	9,5	16,2	10,5	9,4	6,7
11	Ngát	<i>Gironniera cuspidata</i> (Blume) Kurz	8,5	49,1	20,5	9,8	5,5
12	Pomu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	6,8	24,2	20,4	6,2	6,2
13	Re hương	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	5,6	16,5	5,5	4,3	3,1
14	Sao đen	<i>Hopea odorata</i> Roxb.	6,2	18,9	11,5	6,4	4,5
15	Sở	<i>Dillenia</i> L.,	7,9	40,1	22,1	12,5	7,1
16	Sồi	<i>Quercus</i> spp.,	8,6	21,5	22,6	8,2	7,2
17	Sồi dầu cứng	<i>Fagus longipetiolata</i> Seemen	7,5	23,6	20,6	7,5	4,2
18	Táo mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	8,3	20,7	12,5	18,1	6,2
19	Trám trắng	<i>Canarium album</i> Raeusch.	9,7	41,5	21,2	17,1	4,8
20	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	9,2	18,5	19,1	17,1	9,5
21	Vàng anh	<i>Saraca dives</i> Pierre	8,4	36,5	23,1	21,5	9,3

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
22	Vù hương	<i>Cinnamomum balansae</i> Lecomte	7,9	20,1	18,1	20,5	7,8
23	Xoan đào	<i>Prunus arborea</i> (Blume) Kalkman	7,5	40,1	17,2	20,5	11,6
24	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.)	5,2	19,6	14,2	13,1	4,9
Hòa Bình (Vùng STLN Tây Bắc)							
1	Chò chỉ	<i>Parashorea chinensis</i> H. Wang	4,7	24,6	13,2	7,2	4,9
2	Bông bạc	<i>Vernonia arborea</i> Buch.	5,4	22,4	19,1	5,8	4,1
3	Dẻ gai lá nhỏ	<i>Castanopsis acuminatissima</i> (Bl.) A.DC.	4,8	24,5	8,2	4,8	4,5
4	Dẻ lỗ	<i>Lithocarpus fenestratus</i> (Roxb.) Rehd.	4,7	23,4	10,8	9,1	5,1
5	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i> (D.C.) Backer ex K. Heyne	5,8	24,5	18,1	8,2	4,3
6	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	6,3	20,8	19,2	16,2	2,5
7	Móng bò hoa đỏ	<i>Bauhinia purpurea</i> L.	5,8	27,6	19,1	8,5	3,8
8	Pomu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A. Henry & Thomas	5,4	24,1	10,4	4,5	3,8
9	Re hương	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	4,7	23,5	14,2	7,1	4,2
10	Sồi dầu cứng	<i>Fagus longipetiolata</i> Seemen	5,8	26,4	15,2	4,9	4,2
11	Táo mặt quỷ	<i>Hopea mollissima</i> C. Y. Wu	4,8	24,5	18,5	7,9	3,8
12	Thôi ba	<i>Alangium tonkinense</i> Gagnep.	4,1	22,5	20,1	10,1	4,1
13	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	3,8	27,5	10,8	8,1	5,4
14	Vù hương	<i>Cinnamomum balansae</i> Lecomte	1,7	22,5	16,4	6,2	4,2
15	Xoan nhừ	<i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et Hill.)	8,5	26,8	9,7	7,5	4,2
Thanh Hóa (Vùng STLN Bắc Trung Bộ)							
1	Bứa	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ.	1,1	14,1	8,1	4,4	4,2
2	Bưởi bung	<i>Glycosmis pentaphylla</i> (Retz.) Correa.	5,4	15,4	7,6	3,9	3,7
3	Chua khét	<i>Dysoxylum cyrtobotryum</i> Miq.	1,8	36,1	10,9	7,2	3,8
4	Đáng chân chim	<i>Schefflera heptaphylla</i> (L.) Frodin.	3,2	24,1	13,3	8,6	5,2
5	Lim xanh	<i>Erythrophleum fordii</i> Oliv.	3,4	30,0	8,1	5,2	4,1
6	Long bản	<i>Anogeissus acuminata</i> (Roxb. ex DC.) Guill.	5,7	16,8	3,8	2,9	4,8
7	Máu chó lá to	<i>Knema pierrei</i> Warb.	6,5	14,3	4,3	3,3	5,2
8	Mỡ	<i>Manglietia conifera</i> Dandy	6,5	21,8	19,1	16,1	2,9
9	Nhội	<i>Bischofia javanica</i> Blume (B. trifoliata (Roxb.) Hook. f.).	6,5	21,6	8,1	6,2	5,2

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
10	Pơ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A.Henry & H.H.Thomas	5,2	38,6	12,2	8,1	4,2
11	Re hương	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> . (Jack) Meisn	6,4	26,5	14,7	11,1	4,5
12	Roi rừng	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston (Eugenia Jumbos L.)	5,4	12,4	9,5	7,8	6,0
13	Sâng	<i>Pometia pinnata</i> J.R.Forst. & G.Forst.	5,3	32,2	16,2	13,5	6,4
14	Sến mủ	<i>Shorea roxburghii</i> G. Don	1,1	15,0	14,7	12,1	6,8
15	Sồi	<i>Quercus</i> spp.,	2,5	21,2	11,4	8,7	4,8
16	Sồi tía	<i>Sapium discolor</i> (Champ.) Muell. - Arg.	2,8	10,5	10,5	7,8	5,4
17	Sung lá lệch	<i>Ficus racemosa</i> L.,	3,5	20,4	8,6	6,8	4,5
18	Tấu mặt quỷ	<i>Hopea chinensis</i> (Merr.) Hand.-Mazz.	6,5	21,7	11,9	10,2	5,3
19	Thần mát	<i>Millettia ichthyochtona</i> Drake	5,8	30,1	16,2	13,5	5,8
20	Thầu tấu	<i>Aporosa dioica</i> (Roxb.) Muell.-Arg.	4,8	13,6	10,5	6,8	5,5
21	Thị rừng	<i>Diospyros rubra</i> H.Lec.	2,8	15,2	10,5	8,7	6,1
22	Thôi ba	<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Harms	6,1	14,6	16,6	14,9	4,2
23	Trắc xanh	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> Pierre	5,4	17,3	13,8	12,1	5,1
24	Trám chim	<i>Canarium tramdenanum</i>	3,5	20,0	10,5	8,7	5,1
25	Trâm tía	<i>Syzygium zeylanicum</i> (L.) DC.	3,4	17,3	9,5	6,8	5,2
26	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	3,8	21,5	17,6	10,9	5,2
27	Trúc tiết	<i>Homalocladium platycladum</i>	4,3	20,6	11,4	5,7	5,0
28	Xoan ta	<i>Melia azedarach</i> L.	3,9	25,7	16,2	9,5	4,6
Phú Yên (Vùng STLN Nam Trung Bộ)							
1	Cóc rừng	<i>Spondias pinnata</i> (L. f.) Kurz	3,8	30,4	6,7	2,9	4,1
2	Bời lời chân dài	<i>litsea longipes</i> (Meisn.) Hook. f.	5,5	40,3	12,4	6,2	4,9
3	Bời lời thon	<i>Litsea lancifolia</i> (Roxb. Ex Nees) Fern - Vill.	3,6	41,2	13,3	8,1	4,0
4	Chiếc tam lang	<i>Barringtonia pauciflora</i>	4,7	49,4	15,2	4,8	4,4
5	Chò xót	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	3,7	59,3	11,4	3,8	5,5
6	Đảng	<i>Schefflera heptaphylla</i> (L.) frodin	5,5	42,0	7,6	3,8	4,5
7	Dầu rái	<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb.ex G.Don	5,2	36,3	8,1	2,9	3,7
8	Đỗ an	<i>Diospyros brandisiana</i> Kurz	5,1	38,2	7,6	2,9	3,8
9	Giổi	<i>Michelia</i> sp.	4,8	63,1	12,4	5,2	5,5

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
10	Lành ngành nam	<i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Blume	2,7	50,7	9,5	5,2	4,4
11	Lim xẹt	<i>Peltophorum pterocarpum</i>	5,3	39,9	7,1	2,9	4,5
12	Lộc vừng	<i>Barringtonia</i> sp.	4,3	32,9	10,5	3,8	2,6
13	Phay	<i>Duabanga sonneratioides</i> Ham	3,7	47,5	10,5	3,3	4,1
14	Re gừng	<i>Cinnamomum obtusifolium</i> (Roxb) Nees	4,1	34,6	8,1	4,3	4,4
15	Rè hương	<i>Cinnamomum iners</i> Reinw. ex Blume	3,5	51,1	14,3	8,6	3,6
16	Sén mật	<i>Madhuca pasquieri</i> (Dubard) H.J.Lam	4,6	40,3	8,6	2,9	4,0
17	Thành ngành	<i>Cratoxylon cochinchinensis</i> (Lour.) Blume	2,4	36,3	8,1	3,3	4,4
18	Thị lá dài rộng	<i>Diospyros latisejala</i> Ridl.	4,8	54,0	10,5	3,8	4,2
19	Thị lặc, vẩy ốc	<i>Diospyros filitendula</i> Pierre ex Lecomte	4,9	49,4	8,6	3,3	4,4
20	Thị láng	<i>Diospyros nitida</i>	5,4	47,9	10,5	3,3	5,0
21	Trai	<i>Fagraea fragrans</i> Roxb.	2,8	27,4	6,7	3,8	4,2
22	Trai lý	<i>Fagraea fragrans</i> Roxb.	4,7	33,4	7,1	2,9	2,9
23	Trâm trắng	<i>Syzygium wightianum</i> Wight et Arn.	2,9	60,8	9,5	4,3	6,1
24	Vàng anh	<i>Saraca dives</i> Pierre	3,8	78,3	16,2	10,0	6,1
25	Vạng trứng	<i>Endospermum chinensis</i>	1,0	44,8	8,6	4,8	5,1
26	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	4,8	19,5	14,3	7,6	3,8
27	Xoay	<i>Dialium cochinchinensis</i>	2,5	41,8	9,0	3,8	4,5
Quảng Nam (Vùng STLN Nam Trung Bộ)							
1	Ba chạc	<i>Melicope pteleifolia</i> (Champ. ex Benth.) T.G.Hartley	2,9	10,0	6,2	2,9	4,3
2	Kha tử	<i>Terminalia chebula</i> Retz.	5,2	20,4	8,5	3,3	6,2
3	Bùm búp nâu lá ô	<i>Mallotus peltatus</i> (Geiseler) Müll.Arg.	1,2	14,7	10,9	7,1	4,1
4	Bưởi bung ít gân	<i>Macchrodendron oligophlebia</i> (Merr.) T.G.Hartley	3,8	33,3	13,8	7,2	5,3
5	Côm bắc bộ	<i>Elaeocarpus tonkinensis</i> DC.	3,7	38,9	11,3	7,3	7,8
6	Đa chai	<i>Ficus callosa</i> Willd.	3,5	28,7	13,7	8,9	5,2
8	Dâu da đất	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.	2,2	14,5	12,0	6,4	6,2
9	Dẻ gai yên thế	<i>Castanopsis aff. boisii</i> Hickel & Camus	1,3	9,1	8,0	2,5	3,4
10	Đỉnh hùng bắc	<i>Gomphostemma chinense</i> Oliv.var. <i>cauliflorum</i> C.Y.Wu	1,1	9,5	10,0	6,2	3,1
11	Gáo trắng	<i>Neolamarckia cadamba</i> (Roxb.) Bosser	4,5	26,9	17,4	6,6	3,3

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
12	Hồng tùng	<i>Dacrydium elatum</i> (Roxb.) Wall. ex Hook.	3,2	19,5	13,4	4,7	7,8
13	Chò nhai	<i>Anogeissus acuminata</i> (Rob. ex DC.) Wall. ex Guillem. & Perr.	1,2	9,6	6,3	2,3	2,9
14	Lá nển	<i>Macaranga denticulata</i> Müll.Arg.	2,5	19,7	7,6	4,8	3,7
15	Lòng mang	<i>Pterospermum pierrei</i> Hance	3,9	20,6	14,3	7,3	3,8
16	Màng tang	<i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	4,8	17,0	12,8	5,6	4,7
17	Mít rừng	<i>Artocarpus chaplasha</i> Roxb.	4,6	30,5	17,6	4,1	5,5
18	Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i> Planch.	4,7	44,3	10,0	3,9	10,0
19	Chiêu liêu ổi	<i>Terminalia corticosa</i> Pierre ex Laness.	1,9	19,1	15,8	10,5	8,4
20	Pơ mu	<i>Fokienia hodginsii</i> (Dunn) A.Henry & H.H.Thomas	5,4	60,6	12,4	8,6	4,2
21	Quế ô đước	<i>Cinnamomum curvifolium</i> (Lour.) Nees	1,7	6,5	4,1	3,3	2,7
22	Son	<i>Toxicodendron succedaneum</i> (L.) Kuntze	3,4	26,2	14,7	5,9	5,4
23	Sung rừng	<i>Ficus heteropleura</i> Blume	2,7	17,4	10,9	5,2	3,8
24	Thông tre lá vầu	<i>Podocarpus neriifolius</i> var. <i>annamiensis</i> (N.E.Gray) L.K.Phan	4,9	24,6	9,8	4,6	5,2
25	Trầm hương	<i>Aquilaria crassna</i> Pierre ex Lecomte	2,6	30,0	19,0	6,7	4,1
26	Vải rừng	<i>Nephelium melliferum</i> Gagnep.	5,4	45,7	14,8	6,2	10,1
27	Xá xị	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Meisn.	2,4	20,0	9,1	3,5	4,2
Gia Lai (Vùng STLN Tây Nguyên)							
1	Ba bét	<i>Mallotus paniculatus</i> (Lam.) Muell.-Arg	7,5	26,9	7,6	8,0	3,5
2	Ba chạc	<i>Melicope pteleifolia</i> (Champ. ex Benth.) T.G.Hartley	7,1	19,2	11,8	8,0	4,7
3	Bưởi bung	<i>Acronychia pedunculata</i> (L.) Miq	5,5	21,8	14,2	9,4	3,5
4	Cà di xoan	<i>Lyonia ovatifolia</i> (Wall.) Drude.	7,8	27,9	9,5	4,7	4,0
5	Cà đuối	<i>Dehaasia annamensis</i> Kost.	4,3	18,0	12,3	7,5	3,5
6	Cách	<i>Premna cumingiana</i> Schau.	3,8	24,5	6,2	0,5	4,0
7	Chân chim	<i>Schefflera lenticellata</i> Shang.	1,5	21,7	10,9	10,8	5,5
8	Chanh ố	<i>Microdesmis caseariaefolia</i> Planch. ex Hook.	0,8	18,5	15,1	15,0	6,1
9	Chấp xanh lá to	<i>Beilschmiedia ferruginea</i> Liouho.	1,5	18,9	11,4	11,3	5,3
10	Chò xót	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	3,8	23,1	9,5	9,4	5,5
11	Chôm chôm	<i>Nephelium hypoleucum</i> Kurz.	4,5	25,0	15,6	15,5	5,8

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
	rừng						
12	Cóc rừng	<i>Spondias pinnata</i> (L.f.) Kurz	3,2	12,4	12,8	13,6	5,9
13	Côm	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A. Gray	6,5	23,3	14,7	14,6	5,0
14	Cồng tía	<i>Calophyllum calaba</i> L. var <i>bracteatum</i> Stevens.	4,8	22,9	7,1	8,0	5,5
15	Đa hương	<i>Polyosma annamensis</i> Gagnep.	3,5	19,6	8,1	8,9	6,0
16	Dâu da đất	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.	3,2	16,4	10,9	10,8	4,8
17	Dẻ gai lá nhỏ	<i>Castanopsis acuminatissima</i> (Bl.) A.DC.	2,7	18,3	7,6	7,5	4,7
18	Dẻ lỗ	<i>Lithocarpus fenestratus</i> (Roxb.) Rehd.	2,7	11,5	14,2	13,2	6,1
19	Dung	<i>Symplocos atriolivacea</i> Merr. & Chun.ex Li.	3,5	23,4	6,7	5,6	5,2
20	Gáo	<i>Neolamarckia cadamba</i> (Roxburgh) Bosser	1,9	15,1	14,7	15,5	6,1
21	Giổi ăn hạt	<i>Michelia tonkinensis</i> A.Chev	0,8	8,8	10,0	10,8	5,6
22	Giổi xanh	<i>Michelia mediocris</i> Dandy	3,7	19,5	10,4	10,3	5,5
23	Gội nếp	<i>Aglaia spectabilis</i> (Miq.) Jain et Bennet.	2,3	16,4	11,4	10,3	4,6
24	Gội nước	<i>Aphanamixis polystachya</i> (Wall.) J.N. Parker	2,5	12,3	13,7	12,7	4,1
25	Hồng tùng	<i>Dacrydium elatum</i> (Roxb.) Wall. ex Hook.	2,5	15,9	9,9	7,1	4,4
26	Kháo	<i>Machilus parviflora</i> Meisn.	2,4	14,8	12,8	12,7	5,5
27	Lát hoa	<i>Chukrasia tabularis</i> A. Juss.	1,5	22,0	12,3	11,3	5,4
28	Lông mang	<i>Pterospermum pierrei</i> Hance	1,1	11,4	7,6	6,6	5,1
29	Mỡ	<i>Manglietia chevalierii</i> Dandy.	1,6	16,6	16,9	12,2	3,9
30	Du sam núi đất	<i>Keteleeria evelyniana</i> Mast.	3,5	11,2	16,0	12,2	4,0
31	Ngát	<i>Gironniera subaequalis</i> Planch.	5,7	21,5	16,0	11,3	5,4
32	Nhội tía	<i>Bischofia javanica</i> Blume	4,3	11,4	13,2	8,5	5,0
33	Quế lá nhỏ	<i>Cinnamomum</i> sp.	5,6	21,9	17,9	13,2	5,0
34	Re bầu	<i>Cinnamomum bejolghota</i> (Buch.-Ham.) Sweet	2,8	11,1	10,3	6,6	4,9
35	Thị rừng	<i>Diospyros cauliflora</i> Blume	2,1	10,9	8,9	5,2	5,0
36	Thôi ba	<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Harms.	3,8	22,6	17,4	13,6	5,5
37	Trâm vô đồ	<i>Syzygium zeylanicum</i> (L.) DC.	4,5	25	8	4	4,5
Lâm Đồng (Vùng STLN Tây Nguyên)							
1	Búra	<i>Garcinia oblongifolia</i> Champ.	2,5	10,8	10,7	7,8	4,6
2	Cáng lò	<i>Betula alnoides</i> Ham.	4,5	9,8	11,2	6,8	3,4

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
3	Chân chim tám lá	<i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms	8,7	6,1	8,7	5,8	3,6
4	Chẹo tía	<i>Engelhardtia chrysolepis</i> Hance	6,5	19,4	16,0	15,0	3,4
5	Chẹo trắng	<i>Engelhardtia roxburghiana</i> Lindl er Wall.	3,8	15,2	9,7	7,8	4,1
6	Chò nhai	<i>Anogeisus acuminata</i> (Roxb. ex DC.) Wall.	4,5	12,3	8,7	6,8	5,8
7	Côm tàng	<i>Elaeocarpus griffithii</i> (Wight) A.Gray	1,1	7,7	8,7	6,8	3,6
8	Dạ nâu	<i>Chaetocarpus castanocarpus</i> (Roxb.) Thw.	1,5	18,5	11,6	7,8	4,0
9	Đại phong tử gai	<i>Hydnocarpus ilicifolia</i> King	1,5	10,2	15,0	14,1	3,7
10	Dần mật, Cáp mộc	<i>Craibiodendron stellatum</i> (Pierre ex Laness.) W. W. Smith	2,5	13,9	11,6	8,7	3,9
11	Dầu hasselt	<i>Dipterocarpus hasseltii</i> Blume	6,4	7,7	10,7	8,7	3,6
12	Dầu rái	<i>Dipterocarpus alatus</i> Roxb.	7,5	17,0	14,6	10,7	5,3
13	Dầu trà beng	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	6,5	6,8	9,7	6,8	3,9
14	Dền	<i>Xylopi a vielana</i> Pierre	4,8	7,7	11,6	7,3	4,9
15	Giỏi xanh	<i>Michelia mediocris</i> Dandy	3,7	22,1	11,2	9,2	3,4
16	Gụ mật	<i>Sindora siamensis</i> Teijsm. et Miq.	3,6	3,0	6,8	6,3	3,0
17	Kháo lá mũi giáo	<i>Phoebe lanceolata</i> (Nees) Nees	2,7	15,0	10,7	7,8	3,6
18	Kháo suối	<i>Neolitsea umbelliflora</i> Bl	2,4	14,1	18,9	16,0	3,3
19	Kháo vàng	<i>Machilus bonii</i> H. Lec.	2,6	12,3	10,7	6,8	4,4
20	Lá nén	<i>Macaranga denticulata</i> (Blume) Muell.Arg.	1,9	20,1	12,6	7,8	5,1
21	Lọng bàng	<i>Dillenia turbinata</i> Fin. & Gagnep.	1,8	13,9	11,6	8,7	4,4
22	Lưỡi nai lá to	<i>Itea macrophylla</i> Wall.	2,8	8,2	10,7	6,8	5,1
23	Mà ca thái lan	<i>Buchanania siamensis</i> Miq.	2,7	29,3	16,5	13,6	5,3
24	Me	<i>Tamanindus indica</i> L.	2,5	7,7	9,7	5,8	4,1
25	Muồng đen	<i>Sena siamea</i> Lamk.	2,4	11,1	11,6	7,8	5,3
26	Nhọc đen lá to	<i>Polyalthia lauui</i> Merr.	1,8	9,2	10,7	4,9	3,4
27	Nóng sỏ	<i>Saurauia tristyla</i> A. DC.	2,9	34,2	18,4	14,6	6,1
28	Săng bù	<i>Macaranga kurzii</i> (Kuntze) Pax & Hoffm.	2,3	13,9	10,7	5,8	3,2
29	Sơn rừng	<i>Toxicodendron succedanea</i> (L.) Mold.	3,7	71,0	13,6	5,8	5,6
30	Thích 7 gân	<i>Acer heptaphlebium</i> Gagnep.	4,5	24,6	15,5	13,6	4,6

TT	Tên Việt Nam	Tên khoa học	Khoảng cách (m)	D _{1.3} (cm)	H _{vn} (m)	H _{dc} (m)	D _t (m)
31	Thông Đà Lạt	<i>Pinus dalatensis</i> de Ferre	4,8	27	16	10	5,75
32	Thông Lá Dẹt	<i>Pinus krempfii</i> Lecomte	5,6	27,7	16,5	13,6	4,6
33	Thông tre	<i>Podocarpus neriifolius</i> D. Don	5,9	23,9	15	11	5,75
34	Trám trắng	<i>Canarium album</i> (Lour.) Raeusch.	6,5	13,9	11,6	7,8	4,1
35	Trúc tiết	<i>Carallia brachiata</i> (Lour.) Merr.	2,5	13,2	14,1	12,1	3,5
36	Vàng anh	<i>Saraca indica</i> L.	4,9	13,9	10,7	6,8	4,1
37	Vạng trứng	<i>Endospermum chinense</i> Benth.	3,8	85,6	11,6	7,8	7,5

Phụ lục 5

**DANH SÁCH 134 ĐOẠN TRÌNH TỰ CHỨA SSR ĐĂNG TRÊN GENBANK CỦA
LOÀI XÁ XỈ Ở VIỆT NAM**

TT	Sequence_ID	Mã số GB	TT	Sequence_ID	Mã số GB
1	> c35501.graph_c0(GA)10	OR536813	68	> c28915.graph_c0(CAG)7	OR536880
2	> c40596.graph_c0(AG)10	OR536814	69	> c38607.graph_c0(CTC)7	OR536881
3	> c39293.graph_c0(AT)11	OR536815	70	> c35751.graph_c0(TCC)7	OR536882
4	> c38433.graph_c3(TC)10	OR536816	71	> c40038.graph_c0(CCT)7	OR536883
5	> c39543.graph_c0(CT)10	OR536817	72	> c33228.graph_c0(CAT)7	OR536884
6	> c36089.graph_c0(CA)11	OR536818	73	> c25931.graph_c0(TCA)7	OR536885
7	> c37698.graph_c1(AT)11	OR536819	74	> c37907.graph_c2(CAG)7	OR536886
8	> c35063.graph_c0(AG)11	OR536820	75	> c41595.graph_c0(CCG)8	OR536887
9	> c39511.graph_c0(AC)11	OR536821	76	> c34237.graph_c0(ATG)7	OR536888
10	> c34094.graph_c0(AT)10	OR536822	77	> c37219.graph_c0(CTT)7	OR536889
11	> c28929.graph_c0(CT)10	OR536823	78	> c38314.graph_c0(CCT)7	OR536890
12	> c35317.graph_c0(AG)10	OR536824	79	> c37619.graph_c0(CAT)7	OR536891
13	> c14852.graph_c0(AT)10	OR536825	80	> c39267.graph_c3(AAT)7	OR536892
14	> c39293.graph_c1(AT)11	OR536826	81	> c39958.graph_c0(ACG)8	OR536893
15	> c40155.graph_c0(AG)11	OR536827	82	> c39035.graph_c1(CAT)8	OR536894
16	> c33014.graph_c0(TA)11	OR536828	83	> c37907.graph_c0(AGC)7	OR536895
17	> c35231.graph_c0(TC)10	OR536829	84	> c35906.graph_c0(TCC)7	OR536896
18	> c14266.graph_c0(AT)11	OR536830	85	> c39198.graph_c1(CTC)7	OR536897
19	> c36587.graph_c0(AC)10	OR536831	86	> c31693.graph_c0(CAG)7	OR536898
20	> c38939.graph_c2(AT)11	OR536832	87	> c39736.graph_c0(CAT)8	OR536899
21	> c34917.graph_c0(CA)10	OR536833	88	> c38460.graph_c0(AGC)8	OR536900
22	> c38463.graph_c0(GA)10	OR536834	89	> c37435.graph_c0(GGA)7	OR536901
23	> c39293.graph_c2(AT)10	OR536835	90	> c40589.graph_c0(GAAG)5	OR536902
24	> c28801.graph_c0(CT)10	OR536836	91	> c18667.graph_c0(ATCC)5	OR536903
25	> c40180.graph_c0(CA)10	OR536837	92	> c37258.graph_c0(TATT)5	OR536904
26	> c37908.graph_c0(TC)10	OR536838	93	> c25942.graph_c0(GGAG)5	OR536905
27	> c38469.graph_c2(TC)10	OR536839	94	> c38208.graph_c0(ACCA)5	OR536906
28	> c40268.graph_c0(TA)10	OR536840	95	> c39959.graph_c1(AAAT)5	OR536907
29	> c37977.graph_c1(CA)11	OR536841	96	> c38140.graph_c2(AAGC)5	OR536908
30	> c37118.graph_c1(AG)10	OR536842	97	> c39187.graph_c1(TTTC)6	OR536909
31	> c37698.graph_c0(AT)11	OR536843	98	> c39243.graph_c0(ATCA)6	OR536910
32	> c37977.graph_c1(GA)10	OR536844	99	> c30710.graph_c0(AAAT)5	OR536911
33	> c39132.graph_c3(TC)11	OR536845	100	> c29142.graph_c0(GGGA)5	OR536912
34	> c40230.graph_c0(AT)10	OR536846	101	> c30232.graph_c0(ATCT)5	OR536913
35	> c39270.graph_c4(CGG)7	OR536847	102	> c21326.graph_c0(CAGA)5	OR536914
36	> c25968.graph_c0(AGC)7	OR536848	103	> c30142.graph_c1(GTGG)5	OR536915
37	> c14969.graph_c0(CCT)7	OR536849	104	> c36341.graph_c1(TCCA)5	OR536916
38	> c33356.graph_c0(AGA)7	OR536850	105	> c38852.graph_c0(TTTA)5	OR536917

TT	Sequence_ID	Mã số GB	TT	Sequence_ID	Mã số GB
39	> c37875.graph_c2(TAT)7	OR536851	106	> c34389.graph_c0(AAAT)5	OR536918
40	> c34438.graph_c0(AGA)7	OR536852	107	> c34684.graph_c0(GAAA)5	OR536919
41	> c40026.graph_c0(AGC)7	OR536853	108	> c32764.graph_c1(ATTG)5	OR536920
42	> c38647.graph_c0(GTC)7	OR536854	109	> c39678.graph_c2(AAAG)5	OR536921
43	> c14502.graph_c0(AGT)8	OR536855	110	> c37396.graph_c0(TATT)5	OR536922
44	> c30281.graph_c0(TTC)7	OR536856	111	> c42737.graph_c0(AAAT)6	OR536923
45	> c39095.graph_c1(GTG)7	OR536857	112	> c38229.graph_c0(TTGT)5	OR536924
46	> c20707.graph_c0(CAG)7	OR536858	113	> c35418.graph_c0(AAAT)5	OR536925
47	> c40306.graph_c2(GGC)7	OR536859	114	> c25428.graph_c0(TTCT)5	OR536926
48	> c40233.graph_c0(CTG)8	OR536860	115	> c29380.graph_c0(ACCC)5	OR536927
49	> c35649.graph_c0(GAA)7	OR536861	116	> c39461.graph_c4(AAAT)5	OR536928
50	> c38099.graph_c0(CTG)7	OR536862	117	> c36992.graph_c1(AAAC)5	OR536929
51	> c41314.graph_c0(CTG)7	OR536863	118	> c39121.graph_c0(AAAT)5	OR536930
52	> c37346.graph_c1(AAG)7	OR536864	119	> c39489.graph_c0(TTCT)5	OR536931
53	> c35549.graph_c0(ATG)7	OR536865	120	> c39426.graph_c2(AGAA)5	OR536932
54	> c36935.graph_c0(CTC)7	OR536866	121	> c39510.graph_c1(GTAT)6	OR536933
55	> c22406.graph_c0(CCG)7	OR536867	122	> c40195.graph_c3(ATGA)5	OR536934
56	> c25582.graph_c0(AAG)7	OR536868	123	> c39697.graph_c0(AATC)5	OR536935
57	> c36061.graph_c0(TCC)7	OR536869	124	> c39505.graph_c3(TTTA)5	OR536936
58	> c40529.graph_c0(TTC)7	OR536870	125	> c25304.graph_c0(TTGAT)5	OR536937
59	> c37116.graph_c1(AAG)7	OR536871	126	> c25603.graph_c0(ATGAA)5	OR536938
60	> c30432.graph_c1(ACA)15	OR536872	127	> c31811.graph_c0(GAATT)5	OR536939
61	> c35032.graph_c0(AAC)8	OR536873	128	> c14261.graph_c0(ATCCG)5	OR536940
62	> c33418.graph_c0(CTT)8	OR536874	129	> c31448.graph_c0(ACCAC)9	OR536941
63	> c37059.graph_c1(GAA)7	OR536875	130	> c40024.graph_c2(ATATA)5	OR536942
64	> c39968.graph_c0(CGC)7	OR536876	131	> c28709.graph_c1(CAGCAA)5	OR536943
65	> c25262.graph_c0(ATA)7	OR536877	132	> c32078.graph_c0(AAGCAG)5	OR536944
66	> c21713.graph_c1(CCT)7	OR536878	133	> c37545.graph_c1(TCACGA)6	OR536945
67	> c35926.graph_c0(AAG)7	OR536879	134	> c38113.graph_c0(CTAGCC)5	OR536946

Phụ lục 6

**DỮ LIỆU ALEN 15 CẤP MÔI SSR CỦA 208 MẪU XÁ XỊ THU TẠI 9 KHU VỰC ĐẠI DIỆN CHO 5 VÙNG
SINH THÁI LÂM NGHIỆP VIỆT NAM**

Cá thể	MP1		MP2		MP3		MP4		MP5		MP6		MP7		MP8		MP9		MP10		MP11		MP12		MP13		MP14		MP15	
Lâm Đồng 01	135	144	116	116	230	230	249	258	236	242	151	157	204	204	106	109	124	136	196	202	233	233	243	249	122	131	170	173	191	196
Lâm Đồng 02	135	144	116	116	230	230	249	255	242	251	151	157	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 03	135	144	116	116	230	230	246	252	242	251	157	157	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 04	153	153	116	116	224	230	249	258	251	251	151	157	204	204	121	121	124	124	211	211	233	233	243	249	125	125	173	173	191	196
Lâm Đồng 05	138	144	116	119	221	230	258	258	236	236	157	163	196	196	109	112	133	136	196	196	233	233	237	243	125	131	170	170	191	191
Lâm Đồng 06	144	144	122	122	230	230	258	258	236	242	151	157	196	204	109	109	133	133	196	202	233	233	237	246	122	122	170	176	191	191
Lâm Đồng 07	144	150	131	131	230	230	258	258	236	242	164	164	196	196	109	112	124	133	196	202	233	233	249	249	115	122	179	179	191	191
Lâm Đồng 08	135	144	116	128	230	230	249	258	236	242	158	164	204	204	106	109	124	136	196	202	233	233	243	249	122	131	170	173	191	196
Lâm Đồng 09	135	144	116	116	230	230	246	252	236	242	152	158	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 10	147	147	122	131	230	230	249	258	236	236	164	164	196	204	112	124	133	133	196	196	233	233	246	252	116	122	173	179	191	191
Lâm Đồng 11	141	147	131	131	230	230	249	258	236	242	146	164	204	204	112	112	133	133	196	202	233	233	237	252	116	122	170	170	191	191
Lâm Đồng 12	141	147	122	131	230	230	249	249	242	242	152	164	196	196	112	112	133	136	202	202	233	233	237	258	116	122	170	170	191	191
Lâm Đồng 13	135	144	116	116	230	230	249	258	236	242	151	157	204	204	106	109	124	136	196	202	233	233	243	249	122	131	170	173	191	196
Lâm Đồng 14	135	144	116	116	230	230	249	255	242	251	151	157	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 15	135	144	116	116	230	230	246	252	242	251	157	157	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 16	153	153	116	116	224	230	249	258	251	251	151	157	204	204	121	121	124	124	211	211	233	233	243	249	125	125	173	173	191	196
Lâm Đồng 17	138	144	116	119	221	230	258	258	236	236	157	163	196	196	109	112	133	136	196	196	233	233	237	243	125	131	170	170	191	191
Lâm Đồng 18	144	144	122	122	230	230	258	258	236	242	151	157	196	204	109	109	133	133	196	202	233	233	237	246	122	122	170	176	191	191
Lâm Đồng 19	144	150	131	131	230	230	258	258	236	242	164	164	196	196	109	112	124	133	196	202	233	233	249	249	115	122	179	179	191	191
Lâm Đồng 20	135	144	116	128	230	230	249	258	236	242	158	164	204	204	106	109	124	136	196	202	233	233	243	249	122	131	170	173	191	196
Lâm Đồng 21	135	144	116	116	230	230	246	252	236	242	152	158	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 22	147	147	122	131	230	230	249	258	236	236	164	164	196	204	112	124	133	133	196	196	233	233	246	252	116	122	173	179	191	191
Lâm Đồng 23	141	147	131	131	230	230	249	258	236	242	146	164	204	204	112	112	133	133	196	202	233	233	237	252	116	122	170	170	191	191

Lâm Đồng 24	141	147	122	131	230	230	249	249	242	242	152	164	196	196	112	112	133	136	202	202	233	233	237	258	116	122	170	170	191	191
Lâm Đồng 25	135	144	116	116	230	230	249	258	236	242	151	157	204	204	106	109	124	136	196	202	233	233	243	249	122	131	170	173	191	196
Lâm Đồng 26	135	144	116	116	230	230	249	255	242	251	151	157	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 27	135	144	116	116	230	230	246	252	242	251	157	157	204	204	124	127	124	124	202	211	233	233	249	249	125	125	179	179	191	196
Lâm Đồng 28	153	153	116	116	224	230	249	258	251	251	151	157	204	204	121	121	124	124	211	211	233	233	243	249	125	125	173	173	191	196
Lâm Đồng 29	138	144	116	119	221	230	258	258	236	236	157	163	196	196	109	112	133	136	196	196	233	233	237	243	125	131	170	170	191	191
Lâm Đồng 30	144	144	122	122	230	230	258	258	236	242	151	157	196	204	109	109	133	133	196	202	233	233	237	246	122	122	170	176	191	191
Lâm Đồng 31	144	150	131	131	230	230	258	258	236	242	164	164	196	196	109	112	124	133	196	202	233	233	249	249	115	122	179	179	191	191
Gia Lai 01	147	147	119	119	230	230	249	255	236	236	158	158	192	196	109	109	133	136	196	196	230	230	237	243	116	131	170	170	191	191
Gia Lai 02	135	141	119	122	221	221	249	258	236	242	145	157	196	204	118	127	133	133	196	196	233	233	246	246	113	128	170	170	191	196
Gia Lai 03	135	141	116	122	230	230	258	258	236	251	152	164	196	204	109	109	133	133	196	211	230	230	246	249	122	131	170	179	191	196
Gia Lai 04	132	132	116	122	224	230	249	255	236	251	158	158	204	204	106	127	124	124	196	211	233	233	249	252	125	125	173	179	191	196
Gia Lai 05	132	132	116	122	224	230	249	255	236	251	158	158	204	204	106	127	124	124	196	211	233	233	249	252	125	125	173	179	191	196
Gia Lai 06	135	141	116	119	221	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	112	133	136	196	196	233	233	237	243	125	131	170	170	191	191
Gia Lai 07	135	141	116	119	221	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	112	133	136	196	196	233	233	237	243	125	131	170	170	191	191
Gia Lai 08	141	147	122	131	221	230	249	249	236	236	146	164	196	204	109	127	133	136	196	196	233	233	249	252	116	131	170	173	181	191
Gia Lai 09	141	147	131	131	221	230	249	249	236	236	146	164	196	204	109	127	133	136	196	196	233	233	249	252	116	131	170	173	191	191
Gia Lai 10	147	147	116	122	230	230	258	258	236	236	152	164	204	204	127	127	133	136	196	196	233	233	246	249	122	122	170	170	181	196
Gia Lai 11	135	147	116	131	221	230	249	249	236	236	146	158	204	204	109	112	133	151	196	196	233	233	240	258	116	122	170	179	191	191
Gia Lai 12	141	147	122	122	221	230	249	249	236	236	164	164	204	204	109	118	133	151	196	196	233	233	237	249	116	122	170	170	191	191
Gia Lai 13	141	147	122	122	221	230	249	249	236	236	164	164	204	204	109	118	133	136	196	196	233	233	237	249	116	122	170	170	191	191
Gia Lai 14	135	147	116	131	221	230	249	249	233	233	145	157	196	204	109	112	133	133	196	196	233	233	240	258	116	122	170	179	191	191
Gia Lai 15	135	147	116	131	221	230	249	249	236	236	146	158	204	204	109	112	133	133	196	196	233	233	240	258	115	122	170	179	191	191
Gia Lai 16	141	147	122	131	221	230	249	249	236	236	146	164	196	204	109	127	133	136	196	196	233	233	249	252	115	131	170	173	181	191
Gia Lai 17	135	147	116	122	221	230	249	258	242	242	158	158	196	216	109	112	133	136	202	202	233	233	246	249	116	131	170	173	191	196
Gia Lai 18	135	147	116	131	221	230	249	249	236	236	146	158	204	204	109	112	133	151	196	196	233	233	240	258	113	119	170	179	191	191
Gia Lai 19	135	147	116	131	221	230	249	249	236	236	146	158	204	204	109	112	133	151	196	196	233	233	240	258	116	122	170	179	191	191
Gia Lai 20	132	132	116	122	224	230	249	255	236	251	158	158	204	204	106	127	124	124	196	211	233	233	249	252	125	125	173	179	191	196

Gia Lai 21	132	135	119	122	221	230	255	258	236	236	164	164	196	204	109	112	133	136	196	196	233	233	246	249	116	116	170	173	191	191
Gia Lai 22	132	135	119	122	221	230	255	255	236	236	152	164	196	196	109	127	133	133	196	196	233	233	246	252	116	116	170	173	181	191
Gia Lai 23	135	141	116	122	230	230	258	258	236	251	152	164	196	196	109	109	133	133	196	211	233	233	246	249	122	131	170	179	191	196
Gia Lai 24	135	147	119	122	221	230	249	249	236	236	164	164	196	196	109	127	133	133	196	196	233	233	246	258	116	131	170	179	191	191
Gia Lai 25	144	144	116	131	224	224	249	258	236	236	164	164	196	196	127	127	133	133	196	196	233	233	237	258	131	131	170	179	191	191
Gia Lai 26	135	141	116	122	221	221	255	258	236	236	152	164	196	204	109	127	133	133	196	196	233	233	246	246	116	116	170	173	181	196
Gia Lai 27	135	141	116	122	230	230	255	255	236	236	152	164	196	204	109	109	133	133	196	196	233	233	246	252	125	131	170	173	191	196
Gia Lai 28	141	147	116	122	221	230	249	258	236	236	164	164	196	204	109	112	133	142	196	196	233	233	246	246	116	116	170	170	191	196
Gia Lai 29	147	147	116	122	221	221	249	258	236	236	152	164	204	204	112	127	133	133	196	196	233	233	246	252	116	116	170	170	191	196
Gia Lai 30	147	147	116	122	230	230	249	258	236	236	152	164	196	204	127	127	133	136	196	196	233	233	246	249	122	122	170	170	181	196
Gia Lai 31	132	147	116	122	221	230	249	258	236	251	152	158	196	196	109	112	127	133	196	211	233	233	252	258	116	131	170	170	191	196
Gia Lai 32	141	147	119	122	221	221	249	249	236	236	146	164	196	196	112	127	133	151	196	196	233	233	246	252	131	131	170	170	191	191
Gia Lai 33	141	147	119	122	221	230	249	258	236	236	164	164	196	204	112	127	133	133	196	196	233	233	243	252	131	131	170	179	191	191
Gia Lai 34	141	147	119	122	230	230	258	258	236	236	164	164	196	196	106	109	133	133	196	196	233	233	252	258	116	131	170	170	191	191
Gia Lai 35	141	147	122	131	221	230	249	258	236	242	152	164	196	196	109	109	133	142	196	202	233	233	243	258	125	131	173	179	181	191
Gia Lai 36	135	135	122	131	230	230	249	258	236	251	158	164	196	196	109	118	133	133	196	211	233	233	258	258	125	131	170	170	191	191
Gia Lai 37	141	147	119	122	221	230	249	258	236	236	164	164	196	196	112	112	136	142	196	196	233	233	246	246	116	116	170	170	191	191
Gia Lai 38	135	147	116	122	230	230	258	258	236	236	152	164	196	196	109	109	133	142	196	196	233	233	249	258	122	131	170	170	191	196
Gia Lai 39	135	135	116	122	230	230	249	249	236	242	152	152	196	196	109	118	136	142	196	202	233	233	243	249	125	131	170	173	191	196
Gia Lai 40	141	141	116	122	221	230	249	258	236	236	152	164	196	196	109	112	133	136	196	196	233	233	246	246	122	131	170	170	191	191
Thanh Hóa 01	141	141	119	122	230	230	258	258	236	236	152	158	196	196	115	115	133	136	196	196	215	230	246	249	125	131	170	173	191	191
Thanh Hóa 02	141	147	116	119	221	230	255	255	236	236	152	158	196	196	109	115	133	142	196	196	215	233	246	249	116	131	170	173	191	196
Thanh Hóa 03	135	135	116	122	224	230	253	253	236	251	158	158	196	196	109	109	133	136	196	211	233	233	237	243	122	125	170	170	191	191
Thanh Hóa 04	135	147	116	122	230	230	258	258	236	248	152	176	196	196	112	115	133	133	196	208	233	233	246	249	116	116	170	170	191	191
Thanh Hóa 05	135	147	122	122	230	230	258	258	236	242	152	164	196	196	109	115	133	142	196	202	233	233	237	249	122	125	170	173	191	191
Thanh Hóa 06	135	147	116	122	230	230	255	255	236	236	143	164	196	204	109	112	133	136	196	196	215	233	237	246	122	125	170	170	191	191
Thanh Hóa 07	135	135	116	116	221	230	258	258	236	251	152	158	196	196	109	115	133	136	196	211	230	230	237	246	113	122	170	170	181	181
Thanh Hóa 08	135	141	122	122	221	230	258	258	236	236	152	164	196	196	109	109	133	136	196	196	233	233	237	249	116	131	170	170	191	196

Thanh Hóa 09	135	147	116	122	221	230	249	258	236	242	152	152	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	249	249	122	122	170	170	191	196
Thanh Hóa 10	141	141	122	122	230	230	258	258	236	242	151	163	196	196	109	115	133	142	196	196	215	230	237	246	113	113	170	170	191	191
Thanh Hóa 11	135	147	116	122	221	230	249	258	236	242	152	152	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	249	249	125	125	170	170	191	196
Thanh Hóa 12	135	141	116	122	230	230	249	249	236	242	158	158	196	204	109	115	142	142	196	202	233	233	237	249	122	125	170	170	191	191
Thanh Hóa 13	135	147	116	122	221	224	258	258	236	242	152	152	196	204	109	115	132	132	196	202	215	233	237	249	122	125	170	170	191	191
Thanh Hóa 14	141	141	122	122	230	230	255	258	236	236	152	158	196	204	109	109	136	142	196	196	230	230	237	246	122	131	170	170	191	191
Thanh Hóa 15	141	147	116	122	230	230	249	249	236	242	146	164	196	204	109	118	133	133	196	202	230	230	237	249	122	131	170	170	191	191
Thanh Hóa 16	135	141	116	122	224	230	258	258	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	246	258	116	125	170	170	191	196
Thanh Hóa 17	147	147	113	119	221	230	258	258	236	242	158	176	196	204	109	115	133	133	196	202	230	230	249	249	116	116	170	170	191	191
Thanh Hóa 18	135	141	116	119	221	230	258	258	236	251	152	158	196	196	109	112	133	133	196	211	230	230	237	243	122	125	170	170	191	196
Thanh Hóa 19	147	147	116	116	221	230	258	258	236	236	152	152	204	204	112	130	133	133	196	196	233	233	237	237	122	131	170	170	196	196
Thanh Hóa 20	135	147	116	122	221	230	258	258	236	236	158	158	204	204	109	115	133	136	196	202	215	233	237	249	122	131	170	170	191	196
Quảng Nam 01	144	150	113	116	230	230	255	258	236	236	158	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	237	249	115	131	170	179	191	191
Quảng Nam 02	138	150	116	122	230	230	249	258	242	242	152	158	196	196	109	109	133	136	202	202	233	233	237	249	115	131	170	170	191	191
Quảng Nam 03	138	150	122	122	221	221	249	249	236	236	146	158	196	196	109	115	133	136	196	196	233	233	246	249	122	125	170	179	191	191
Quảng Nam 04	138	150	122	122	221	221	258	258	236	236	158	158	196	204	109	109	133	136	196	196	233	233	237	243	115	122	170	170	181	191
Quảng Nam 05	138	144	116	116	230	230	249	258	242	251	152	158	196	204	109	115	133	136	202	211	233	233	237	243	125	125	170	170	191	191
Quảng Nam 06	138	150	116	122	221	221	258	258	236	236	158	164	196	196	109	109	133	142	196	196	233	233	237	249	115	125	170	170	191	191
Quảng Nam 07	138	150	116	122	221	230	249	249	236	236	158	158	196	204	109	109	133	133	196	196	233	233	237	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Nam 08	144	150	119	122	224	230	258	258	236	242	152	158	196	196	109	115	133	136	196	202	233	233	240	246	115	125	170	173	191	191
Quảng Nam 09	144	150	116	122	224	230	258	258	242	251	151	163	196	196	109	115	133	136	202	211	233	233	249	249	122	125	170	173	191	191
Quảng Nam 10	138	150	116	122	221	230	258	258	236	236	157	157	196	196	109	118	133	136	196	196	215	233	237	243	115	131	170	170	191	191
Quảng Nam 11	138	144	119	122	221	230	249	249	242	242	158	158	196	196	109	109	136	136	202	202	233	233	249	249	122	125	170	173	191	196
Quảng Nam 12	138	144	116	116	221	221	249	255	236	242	146	152	196	196	109	109	127	133	196	202	233	233	237	249	115	131	170	170	191	191
Quảng Nam 13	138	150	122	122	221	230	249	258	242	248	158	164	196	196	109	109	133	136	202	208	233	233	246	249	125	125	170	173	191	196
Quảng Nam 14	138	144	116	122	230	230	258	258	236	242	164	164	196	196	109	109	136	136	196	202	233	233	243	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Nam 15	138	150	116	122	221	221	258	258	236	242	152	158	196	204	109	115	133	142	196	202	233	233	240	249	115	125	170	170	191	191
Quảng Nam 16	138	150	122	122	230	230	258	258	236	242	146	152	196	196	109	109	130	136	196	202	233	233	249	249	115	115	170	170	191	191

Quảng Nam 17	138	138	116	122	221	230	258	258	236	236	152	164	204	220	109	109	136	136	196	196	233	233	237	249	115	125	170	170	191	196
Quảng Nam 18	138	150	116	116	221	230	255	255	236	242	158	164	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	246	115	131	170	170	191	196
Quảng Nam 19	138	150	116	122	221	230	258	258	236	236	146	152	196	204	109	112	136	136	196	196	215	233	243	246	115	115	170	170	191	191
Quảng Nam 20	150	150	122	122	221	221	258	258	236	236	152	158	196	196	109	115	133	136	196	196	215	233	246	249	125	125	170	170	191	191
Vĩnh Phúc 01	135	147	116	122	221	230	258	258	236	242	158	158	196	196	109	109	133	133	196	202	215	233	237	249	122	122	170	170	191	191
Vĩnh Phúc 02	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 03	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 04	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 05	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 06	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 07	141	147	119	131	230	230	258	258	236	242	152	164	196	196	109	109	133	133	196	202	211	215	237	246	116	116	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 08	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 09	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 10	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 11	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 12	135	135	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 13	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 14	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 15	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 16	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 17	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 18	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Vĩnh Phúc 19	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 01	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 02	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 03	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 04	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 05	147	147	122	122	230	230	258	258	236	248	158	158	196	196	112	112	133	136	196	208	233	233	237	249	122	122	170	170	191	191

Hòa Bình 06	135	135	116	122	221	221	258	258	236	242	158	164	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	249	249	125	125	170	170	191	196
Hòa Bình 07	147	147	122	122	230	230	249	249	236	236	158	164	196	196	109	112	133	133	196	208	233	233	237	237	116	122	170	170	191	191
Hòa Bình 08	147	147	122	122	221	230	249	255	236	236	158	164	196	204	112	112	136	136	196	196	233	233	246	249	122	122	170	170	191	191
Hòa Bình 09	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 10	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 11	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 12	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 13	147	147	122	122	230	230	258	258	236	248	158	158	196	196	112	112	133	136	196	208	233	233	237	249	122	122	170	170	191	191
Hòa Bình 14	135	135	116	122	221	221	258	258	236	242	158	164	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	249	249	125	125	170	170	191	196
Hòa Bình 15	147	147	122	122	230	230	249	249	236	236	158	164	196	196	109	112	133	133	196	208	233	233	237	237	116	122	170	170	191	191
Hòa Bình 16	147	147	122	122	221	230	249	255	236	236	158	164	196	204	112	112	136	136	196	196	233	233	246	249	122	122	170	170	191	191
Hòa Bình 17	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Hòa Bình 18	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	196
Phú Yên 01	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 02	138	144	119	122	230	230	249	255	236	242	152	152	196	204	109	118	136	136	196	202	215	233	243	249	115	125	170	173	191	191
Phú Yên 03	138	150	119	122	221	230	258	258	236	242	158	164	196	204	109	118	133	136	196	202	215	233	237	246	115	125	170	170	191	191
Phú Yên 04	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 05	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	179	191	196
Phú Yên 06	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 07	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 08	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 09	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 10	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 11	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 12	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 13	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 14	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 15	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196

Phú Yên 16	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 17	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	179	191	196
Phú Yên 18	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 19	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 20	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 21	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	151	157	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Yên 22	138	144	116	122	221	230	249	255	236	242	151	157	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 01	141	141	116	122	230	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	109	136	136	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Ninh 02	141	141	116	122	230	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	109	136	136	196	196	233	233	249	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Ninh 03	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 04	141	141	116	122	230	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	109	136	136	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Ninh 05	141	141	116	122	230	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	109	136	136	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Ninh 06	141	141	116	122	230	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	109	136	136	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Ninh 07	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 08	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 09	135	135	104	104	221	221	246	255	236	242	152	158	204	204	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	196	196
Quảng Ninh 10	135	141	119	122	221	221	255	258	236	236	158	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	249	249	116	116	170	170	191	191
Quảng Ninh 11	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 12	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 13	141	141	116	122	230	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	109	136	136	196	196	233	233	243	249	122	125	170	170	191	191
Quảng Ninh 14	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	16	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 15	135	135	104	104	221	130	249	255	233	233	158	158	196	196	109	109	133	133	196	196	233	233	249	249	116	116	170	173	191	191
Quảng Ninh 16	135	141	116	122	221	230	249	255	260	260	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 17	135	147	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 18	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Quảng Ninh 19	120	135	104	116	230	230	249	255	236	236	158	158	196	196	109	109	136	136	196	196	233	233	237	249	122	125	170	170	191	191
Phú Thọ 01	135	135	122	131	221	230	258	258	242	251	152	158	196	204	109	112	133	136	202	211	215	233	237	237	113	125	170	170	191	191
Phú Thọ 02	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196

Phú Thọ 03	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 04	135	141	104	104	221	230	246	255	230	230	164	164	196	196	112	115	136	136	196	196	233	233	237	246	122	125	170	173	191	191
Phú Thọ 05	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 06	135	141	116	116	221	230	249	258	236	236	152	164	196	196	109	109	133	133	196	196	230	230	243	249	122	125	170	170	191	196
Phú Thọ 07	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 08	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 09	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 10	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 11	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 12	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 13	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 14	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 15	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 16	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196
Phú Thọ 17	135	147	116	122	221	221	249	258	242	242	158	164	196	196	112	118	133	133	202	202	233	233	246	249	122	125	170	173	191	191
Phú Thọ 18	135	147	116	122	221	230	258	258	242	242	158	164	188	196	112	115	133	136	202	202	215	233	237	249	122	125	170	170	191	191
Phú Thọ 19	135	141	116	122	221	230	249	255	236	242	152	158	196	196	109	109	133	136	196	202	233	233	237	249	125	131	170	170	191	196

Phụ lục 7
MỘT SỐ HÌNH ẢNH KHẢO SÁT TẠI CÁC VÙNG
SINH THÁI LÂM NGHIỆP VIỆT NAM

1. Vùng Đông Bắc (Quảng Ninh, Phú Thọ)



2. Vùng Tây Bắc (Hoà Bình)



3. Vùng Bắc Trung Bộ (Thanh Hoá)



4. Vùng Nam Trung Bộ (Quảng Nam)



5. Vùng Tây Nguyên (Lâm Đồng + Gia Lai)

